SIEMENS

ZEITSCHRIFT

SIEMENS-Z. BD. 23 · NR. 1 · S. 1...32 · BERLIN, JAN./MÄRZ 1943

INHALT

M. Enzweiler — Der Bau der Großwasserkraftanlage im Rio Negro 1

O. Herrler — Das Wasserkraftwerk am Rio Negro in Rincón del Bonete 12

Hermann Bocker — Feuermeldeanlagen nach neuen Grundsätzen 18

H. Gerland — Verhalten von Preßmassen auf Phenolharz-Holzmehlbasis in feuchtheißem Tropenklima 23

Aus der Geschichte des Hauses Siemens

Leitungsbau am Gestänge der Indo-Europäischen Telegraphenlinie 27

Kleine Mitteilungen

Relaisgestelle unter Verwendung von Kleinrelais 28

Elektromagnetisches Druckluftventil 29

Elektrische Bühneneinrichtungen während des Krieges 29

Siemens-Schrifttum 31

Eingesandte Bücher 32

Bezugsbedingungen

Die Zeitschrift erscheint 4mal im Jahre. Bezugspreis jährlich RM 4,—. Durch den Buchhandel ist die Zeitschrift halbjährlich für RM 2,— zu beziehen. Bestellungen nimmt auch jede Postanstalt des Inlandes und der meisten anderen Länder entgegen. Der Einzelpreis für ein Heft beträgt RM 1,—. Für Länder, für die die Bestellung bei der Post nicht möglich ist, sind die Bestellungen zu richten an die „Siemens-Zeitschrift", Berlin-Siemensstadt, Wernerwerk, Hochbau.

Anschriften

Sämtliche Zahlungen und Wertbriefe sind zu richten an: Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Gesamt-Vertriebsverwaltung. Für Postscheckeinzahlungen ist Konto 1466 Berlin (Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Gesamt-Vertriebsverwaltung) zu benutzen. Schecks müssen auf Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Berlin, ausgestellt sein.
Alle den Inhalt und den Versand der Zeitschrift betreffenden Zuschriften sind zu richten an die „Siemens-Zeitschrift", Berlin-Siemensstadt, Wernerwerk, Hochbau.

Nachdruck

Nachdruck mit genauer Quellenangabe wird gern gestattet, doch ist in jedem Falle vorher die Genehmigung der verantwortlichen Leitung der Zeitschrift einzuholen.

SIEMENS
ZEITSCHRIFT
SIEMENS & HALSKE AG · SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG
23. JAHRGANG · BERLIN · JAN./MÄRZ 1943 · HEFT 1

Der Bau der Großwasserkraftanlage im Rio Negro

Von Direktor Dr.-Ing. M. Enzweiler, Siemens-Bauunion.

Zur Vorgeschichte des Bauwerks.

Seit Anfang dieses Jahrhunderts hat man sich im südamerikanischen Staate Uruguay mit dem Studium des Hauptflusses des Landes, des Rio Negro, beschäftigt; teils galten die Erwägungen seiner Schiffbarmachung, vornehmlich jedoch der Nutzung seiner Wasserkräfte zur Krafterzeugung. Für diesen Zweck wurden bereits 1905 durch einheimische Ingenieure Vorarbeiten durchgeführt, die eine Vermessung der Flußufer und eine Talwegaufnahme zum Gegenstand hatten. Eine Talsperre, die zunächst zur Regulierung der Wasserstände als unerläßliche Vorbedingung angesehen wurde, trat in den Jahren 1911/12 erstmalig auch im Hinblick auf die Krafterzeugung in den Kreis der Erwägungen. Die ersten beiden Projekte englischer bzw. französischer Firmen scheiterten teils an dem bestehenden Staatsmonopol für die Elektrizitätsversorgung der Landeshauptstadt Montevideo, teils an der Unzulänglichkeit der Entwurfsgrundlagen. Erst nachdem im Jahre 1923 ein staatlicher Studienausschuß dem Projekt eine energische Förderung angedeihen ließ und sich Vollmachten zur Ausführung von Vorarbeiten gesichert hatte, konnte im Jahre 1929 ein auf sechs Firmen beschränkter Ideenwettbewerb ausgeschrieben werden, um baureife Entwürfe und Kostenanschläge zu erlangen. Auch dieser Wettbewerb verlief jedoch ohne greifbares Ergebnis. Darauf wurde von dem erwähnten Studienausschuß Professor Dr.-Ing. Ludin von der Technischen Hochschule Berlin als Fachmann zur Beratung und Mitarbeit herangezogen. Auf Grund eingehender hydrologischer und geologischer Vorarbeiten wurde eine neue Sperrstelle beim Rincón del Bonete ausgewählt. Nach weiterer zweijähriger Pause wurde dann 1933, gefördert durch die Unterstützung des neuen Landespräsidenten Dr. Terra, von Prof. Ludin ein neuer Entwurf aufgestellt und Anfang 1934 abgeliefert, so daß im Juni des gleichen Jahres die erste öffentliche internationale Ausschreibung vor sich gehen konnte, der dieser Entwurf zugrunde gelegt wurde. Aber auch diesem Wettbewerb blieb infolge seiner allzu harten Bedingungen ein Erfolg versagt. Erst bei einem zweiten internationalen Ausschreiben wurde nach langwierigen und schwierigen Verhandlungen im April 1937 von den zuständigen Behörden des Staates Uruguay einer deutschen Firmengemeinschaft die Bauausführung einer Großwasserkraftanlage beim Rincón del Bonete übertragen. Die Firmengemeinschaft wurde gebildet aus einer Gruppe für den elektrischen und maschinellen Teil, der die Siemens-Schuckert-Werke und die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft sowie für den Wasserkraftmaschinenteil die Firma I. M. Voith, Heidenheim, angehörten, und aus einer Baugruppe, die sich aus der Siemens-Bauunion, Berlin, und der Compania General de obras Publicas (Geope), Buenos Aires, zusammensetzte. Der Auftrag, der als Pauschalauftrag erteilt wurde, umfaßte die Gesamtherstellung der Wasserkraftanlage in ihren baulichen, elektrischen und maschinellen Teilen.

Die atmosphärischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse.

Der Rio Negro, dessen Gesamtlänge sich über etwa 850 km erstreckt, durchquert das Land Uruguay in vorwiegend südwestlicher Richtung (Bild 1). Sein Gesamteinzugsgebiet umfaßt eine Fläche von 68 200 km²; an der Sperrstelle, die etwa 250 km vom Ozean entfernt liegt, kommt ein Einzugsgebiet von 38 000 km² in Betracht. Bei einem Höhenunterschied von 130 m auf die Gesamtflußlänge ist im einzelnen ein stark wechselndes Gefälle vorhanden, das zwischen 0,29 und 0,17 ‰ schwankt. Oberhalb der Sperrstelle bei Paso de los Toros ist das geringere Gefälle für die Anlage des Staubeckens als günstig zu bezeichnen. Die Oberfläche des Einzuggebietes ist frei von geschlossenen Wäldern und im wesentlichen nur von Gestrüpp bedeckt. Der klimatische Charakter der Gegend ist ausgesprochenes subtropisches Binnenland. Die Temperaturen betragen in der warmen Jahreszeit (Dezember bis Februar) im Mittel 23°, in der kalten Jahreszeit 10°. Tagesschwankungen belaufen sich im Mittel auf 14°. Die höchste Temperatur beträgt in der warmen Jahreszeit 35°, die niedrigste 14°. In der kalten Zeit liegen die Tagesgrenzwerte bei 18° bzw. 4°; nachts sinken die Temperaturen bis auf — 5° ab.

Die jährliche Niederschlagsmenge im Einzugsgebiet des Rio Negro beträgt rd. 1100 mm; der Niederschlag ist im Jahresablauf sehr unregelmäßig verteilt, so daß ausgesprochene niederschlagsarme Monate (z. B. Juli und August) mit niederschlagsreichen (besonders April) abwechseln. Der Wasserzufluß ist stark vom Wechsel der natürlichen Verdunstung beeinflußt, d. h. er läßt nach in den Monaten starker Verdunstung (Januar bis März) und nimmt stark zu in den Wintermonaten mit schwächerer Verdunstung (Mai bis September).

Bild 1. Lauf des Rio Negro im Staate Uruguay.

Auch die Wasserführung weist starke Schwankungen auf. An der Sperrstelle sind als geringste Wassermengen 22 m³/s, als mittlere 444 m³/s und als höchste etwa 5400 m³/s innerhalb von 23 Jahren aufgezeichnet worden. Von einem einmaligen Katastrophenhochwasser von 9000 m³/s mit Wasserständen bis zu 18 m über Niedrigwasser und schwersten Überflutungen wird berichtet.

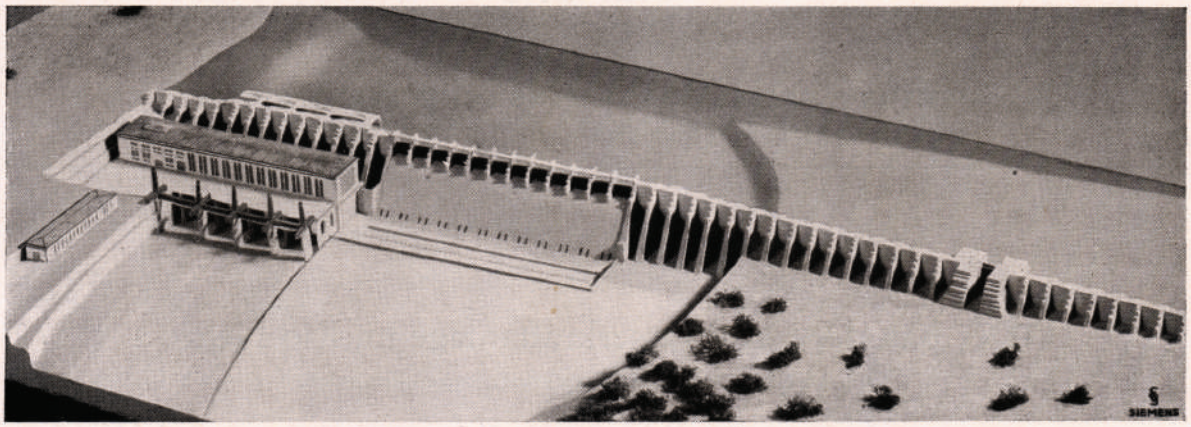


Bild 2. Gesamtansicht der Stauanlage (Modellaufnahme).

Kennzeichnend für die Wasserführung ist der verhältnismäßig schnelle Übergang vom Niedrigwasser zum Hochwasser, bei dem an der Baustelle ein Wasseranstieg von 7 m in 9 Stunden beobachtet wurde.

Durch den Bau der Stauanlage und das so geschaffene gewaltige Staubecken erfährt die unregelmäßige Wasserführung des Rio Negro einen wesentlichen Ausgleich. Auch für die allerdings bisher recht geringe Schiffahrt werden durch die erreichte Reglung der Wasserführung die Vorbedingungen geschaffen. Für die Überwindung der Staustufe wurde daher für später der Einbau einer Schleuse vorgesehen, deren Haupt bereits im Rahmen des Staumauerbaues erstellt wurde.

Die Untergrundverhältnisse.

Zur Klärung der geologischen Grundlagen des Projektes wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse teils im Rahmen des Ludinschen Entwurfes, teils in Gutachten uruguayischer und deutscher Fachgeologen, niedergelegt sind. Die Stauanlage und der westliche Teil des Stausees liegen fast durchweg in Melaphyrschichten, die für die Standsicherheit der Talsperre als tragende Schichten in Betracht kommen. Ein von seiten des Bauherrn an der Sperrstelle abgeteufter Schacht von 33 m Tiefe gab über folgendes Bodenprofil Aufschluß: Nach Durchdringen einer 8 m starken Dünensanddecke wurden unter verwittertem Fels im wesentlichen drei Arten von Melaphyrdecken festgestellt, und zwar die oberste — in einer Mächtigkeit von etwa 5 m — in rötlich-brauner Färbung mit Hohlräumen, die teilweise mit Kalkstein, teilweise mit Allophan angefüllt sind, anschließend die zweite Lage — etwa 2,5 m mächtig — in Stücken von glasigem Aussehen und grauer Farbe, gleichfalls mit von Allophan ausgefüllten Zwischenräumen, und schließlich die dritte Art als Mantel aus sehr hartem, rotem Melaphyr mit von Kalkstein ausgefüllten Hohlräumen. Darunter fanden sich harter, schieferhaltiger Fels, dann verwitterte Schichten und wiederum harter Fels gräulicher Färbung mit stärkeren Rissen, durch die reichlich Wasser austrat. Wenn auch die vorgenommenen Bodendruckproben der verschiedenen Schichten — bis auf die oberste Melaphyrdecke — hinlängliche Festigkeiten ergaben, ist mit Rücksicht auf die geschilderten Untergrundverhältnisse im Entwurf Ludin von der Erstellung einer Schwergewichtsmauer Abstand genommen worden. Vielmehr wurde eine Sperrmauer in aufgelöster Bauweise vorgesehen.

Die gewählte Rundkopfpfeilermauer stellt eine derartige Lösung dar, bei der die größte senkrechte Bodenpressung den Wert von 4,9 kg/cm² und die schräggerichtete Hauptspannung den Wert von 6,2 kg/cm² nicht überschreiten.

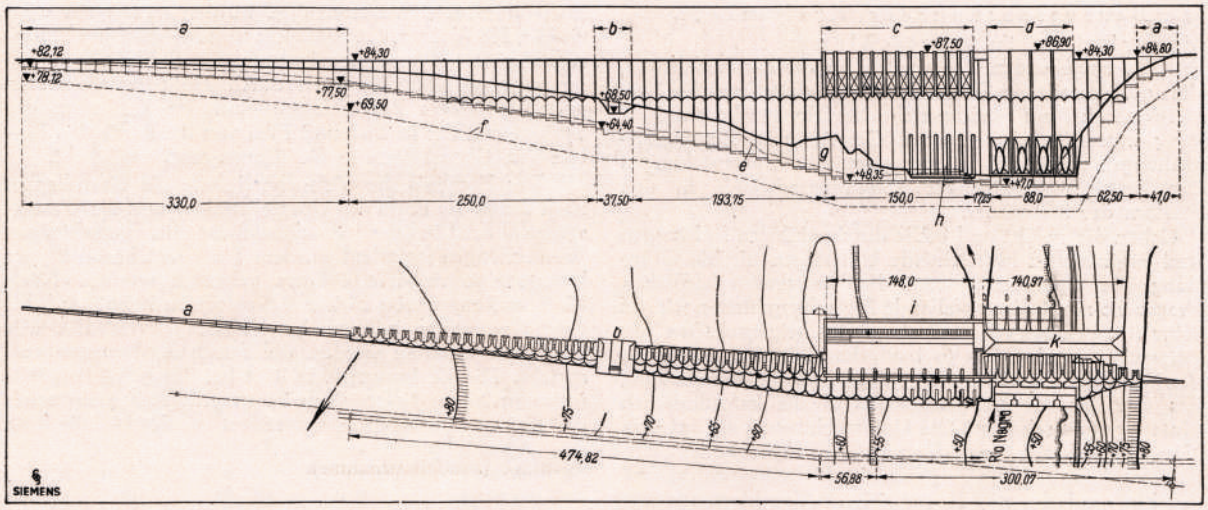
Auch die Fragen der Wasserbeständigkeit und Wasserdurchlässigkeit der Melaphyrdecken wurden eingehend geprüft. Auf Grund der Bohrergebnisse sind die Schichten im großen und ganzen als nur schwach durchlässig anzusehen. Die genauestens durchgeführten rechnerischen Ermittlungen der Durchlässigkeit und des Versickerungsquerschnittes haben erwiesen, daß sich das Ausmaß an Versickerungverlusten, selbst im ungünstigsten Falle — die mittlere Sickermenge wurde zu 1,8 m³/s ermittelt und sicherheitshalber mit 20 m³/s in die wasserwirtschaftliche Untersuchung eingesetzt — in Grenzen hält, die eine wesentliche Beeinflussung des Wasserhaushalts ausschließen.

Die Stauanlage im Rio Negro.

Die Stauanlage beim Rincón del Bonete in der Nähe von Paso de los Toros, etwa 250 km nördlich von Montevideo gelegen, sieht eine größtenteils in aufgelöster Bauweise angeordnete Betonstaumauer von einer Gesamtlänge von 1174 m vor. Die Sperre schließt ein Staubecken ab, das die Abmessungen eines großen Binnensees aufweist. Der Rückstau erstreckt sich auf mehr als 140 km Tallänge, die Breitenentwicklung erreicht infolge ausgedehnter anliegender Seitentäler an mehreren Stellen 30 km. Bei größter Stauhöhe — etwa 37 m — beträgt daher die Spiegelfläche des Stausees rd. 1400 km² und der Inhalt des Beckens 15 Milliarden m³. Als nutzbarer Stauraum sind hiervon 10 Milliarden m³ anzusprechen, eine Wassermenge, die etwa 80 % der mittleren Jahreszuflußmenge des Rio Negro entspricht. Für das dem jetzigen ersten Ausbau der Stauanlage zugrunde gelegte Stauziel von 34 m (+ 80,00 über N.N.) ergibt sich ein Stauinhalt von 11,4 Milliarden m³ bzw. eine nutzbare Staumenge von 7,4 Milliarden m³, die etwa 53 % der mittleren Jahresabflußmenge gleichkommt. Durch diesen großen Inhalt des Staubeckens wird die Wasserführung des Rio Negro in hohem Maße ausgeglichen, so daß sowohl in wasserwirtschaftlicher wie in energiewirtschaftlicher Hinsicht allen praktischen Anforderungen entsprochen werden kann

Staumauer und Hochwasserüberfall.

Den Hauptteil der Talsperre bildet die in einer Länge von 800 m geplante, in der Ausführung jedoch auf 413 m Länge beschränkte gegliederte Staumauer in Beton und Stahlbeton aus Strebepfeilern mit massiven Rundköpfen, deren Aufgabe es ist, den Wasserdruck auf die Pfeiler zu übertragen (System Nötzli). An diesen Hauptteil schließen beiderseits niedrigere Schwergewichtsmauern von 717 m am linken, von 44 m am rechten Flügel an (Bild 2 und 3). Der Rundkopfpfeilerteil umfaßt drei Abschnitte, den nichtüberströmten Mauerteil, den Hochwasserüberfall und das Einlaufbauwerk mit vier Rohreinläufen. Die größte



a = Schwergewichtsmauer, b = Schleuse, c = Überfall, d = Einlauf, e = Felsgrenze, f = Herdmauer, g = Sand, h = behelfsmäßige Grundablässe, i = Tosbecken, k = Kraft- und Schalthaus, l = Staumauer-Achse.

Bild 3. Längsschnitt und Grundriß der Rio Negro-Stauanlage.

Höhe der Staumauer beträgt für den jetzigen Ausbau rd. 40 m über Flußsohle, für einen späteren Ausbau sollen die Rundköpfe um 2,60 m erhöht werden.

Im Mauerkörper sind zwei Besichtigungsstege angelegt, der eine, untere, nur innerhalb des Staumauerteiles, der andere, höhere, durch das gesamte Bauwerk. Dehnungsfugen sind in den Berührungsfugen der Rundköpfe in je 12,50 m Abstand voneinander vorgesehen. Die 2 m starken Strebepfeiler (Bild 4) sind auf einer Stahlbetonplatte gegründet, die eine gleichmäßige Belastung des Untergrundes gewährleistet. Auch in dieser Platte sind — jeweils in Feldmitte — verzahnte Dehnungsfugen angeordnet. Wasserseitig ist am Fuße der Rundköpfe eine 8 m tiefe und 3 m starke Herdmauer vorgesehen.

Die Hochwasserentlastungsanlage ist als Kronenüberfall ausgebildet und für eine Höchstwassermenge von 4450 m³/s bemessen. Die Gesamtverschlußbreite ist in zwölf Öffnungen von je 10,50 m l. W. zerlegt, die durch Schützenverschlüsse von 5 m Höhe abgeschlossen werden. Das Überfallwasser wird unmittelbar dem Fluß zugeleitet. Abfallwand und Tosbecken wurden in Form und Abmessungen nach eingehenden Untersuchungen so gewählt, daß die Wassermassen nach dem Sturz unter möglichster Beschränkung von Kolkbildungen im Unterwasser abgeleitet werden.

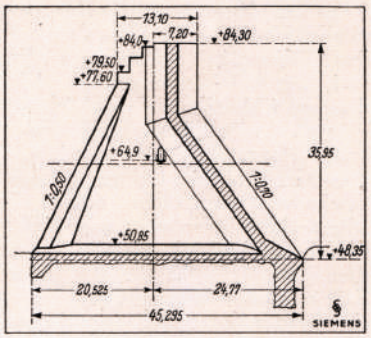


Bild 4. Querschnitt durch die Nötzli-Mauer.

Einlaufbauwerk.

Das Einlaufbauwerk nimmt die vier Druckrohre von je 7 m l. Durchmesser und einer Länge von 42,30 m auf, die aus 19 mm dicken Stahlblechen mit entsprechender Versteifung bestehen und, in einer Neigung von 1 : 26 verlegt, zwischen Krafthaus und Einlaufbauwerk frei gespannt sind.

Krafthaus.

Das Krafthaus liegt am rechten Flußufer unmittelbar am Fuß der Staumauer (s. Bild 2 und 3). Jeder der vier gleichgestalteten senkrechten Maschinensätze besteht aus einer Kaplan-Turbine mit sechsflügeligem Laufrad von 5 m ⌀, 136 U/min, einer größten Schluckfähigkeit von 160 m³/s und einer Höchstleistung von 75 000 PS, von denen zunächst 45 000 PS ausgenutzt werden. Mit jeder Turbine starr gekuppelt ist ein Drehstromerzeuger von 32 000 kVA bei 7 kV und 50 Hz mit direkt aufgebauter Haupt- und Hilfserregermaschine. Die Rohrleitungen haben einen Durchmesser von 7 m; der Querschnitt erweitert sich in der Einlauftrompete auf 7 × 7 m. Den vier Maschinensätzen entsprechend ist das Krafthaus in vier durch Bewegungsfugen voneinander getrennten selbständigen Baublöcken erstellt. Zum Schutz der Druckrohrleitung sind Schnellverschlußschütze eingebaut.

Mit Rücksicht auf die Untergrundverhältnisse wurde das Krafthaus auf einer Stahlbetongrundplatte gegründet. Der gesamte Unterbau desselben ist als Stahlbetonblock ausgebildet. Die Generatorlasten werden durch einen eisernen Stützring und feststehende Leitschaufeln auf den Unterbau übertragen. Dank dieser Lösung entfällt die sonst übliche schwere Deckenkonstruktion zur Aufnahme der Generatorlasten, und der ganze Zusammenbau wird erheblich vereinfacht. Der Krafthaushochbau ist als Stahlskelettbau ausgeführt und mit Werksteinen verkleidet. Architektonisch sind Krafthaus und Schalthaus zu einem einheitlichen Pfeilerbau zusammengefaßt (s. Bild 2 und 3).

Das Kraftwerk selbst wird im folgenden Aufsatz[1]) ausführlicher behandelt. Im Zusammenhang mit dem Bau sei hier nur kurz folgendes erwähnt: Die Generatoren arbeiten direkt auf Dreiwicklungsumspanner von 32/32/10 MVA bei 7/170/6,3 kV. Die Hauptumspanneranlage ist mit den entsprechenden Trenn- und Leistungsschaltern auf einer Freiluftplattform an der Unterwasserseite des Krafthauses untergebracht. Flußabwärts hinter dieser Plattform sind auf Pfeilern Maste eingebaut, die die 170 kV-Doppelsammelschienen tragen, von denen aus zwei Freileitungen die Kraft zum Unterverteilwerk in Montevideo übertragen.

[1]) Vgl. den folgenden Aufsatz von Herrler: Das Wasserkraftwerk am Rio Negro in Rincón des Bonete, insbesondere Bild 1.

Bauausführung der Kraftanlage.

Vorarbeiten in Deutschland.

Die eingehenden Vorarbeiten für die Bauausführung, die größtenteils in Deutschland geleistet wurden, erstreckten sich auf umfangreiche Modellversuche zur Klärung wasserbaulicher Fragen, Gestein- und Betonuntersuchungen sowie auf spannungsoptische Untersuchungen zur Feststellung wichtiger Spannungszustände in den Pfeilern der Staumauer.

Gaben die an Ort und Stelle durchgeführten Bohrungen und Schürfungen ausreichende Unterlagen für die Gründung der Sperrmauer und die wasserwirtschaftlichen Fragen, so mußte das anfallende Melaphyrgestein noch auf seine Verwendbarkeit und seine Brecheigenschaften hin untersucht werden, um in bautechnischer Beziehung für die Wahl der Zerkleinerungsanlage und die Verwendung des Gesteins als Betonzuschlagstoff die erforderlichen Unterlagen zu schaffen. Die Untersuchungen, die auf dem Versuchstand der Fried. Krupp AG. vorgenommen wurden, ergaben, daß die eingesandten Melaphyrproben und der Flußsand des Rio Negro sich als Zuschlagstoffe eigneten. Überdies lieferten die Versuche den erwünschten Aufschluß für die Wahl der Zerkleinerungs- und Aufbereitungsanlage der Baustelle.

Um die Dichte und Druckfestigkeit des mit dem Melaphyrgestein hergestellten Betons zu prüfen, wurden in Zusammenarbeit mit dem Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem eingehende Betonuntersuchungen durchgeführt. Insbesondere war die Frage zu prüfen, ob sich Beton mit 280 kg Portlandzement je m³ verdichteter Betonmasse bei Verwendung von überwiegend splittrigem Melaphyrgestein von 0···70 mm Stückgröße und geeignetem Natursandzusatz so dicht herstellen läßt, daß er einem Wasserdruck von 12 at standhält.

Zu diesem Zweck wurden zwei Rüttelbeton-Versuchsreihen mit verschiedenem Wasserzementfaktor, verschiedenem Kornaufbau des Sandes und unterschiedlichem Natursandgehalt (40 % Natursand bei 60 % Steinschlag 0···70 mm und 35 % Natursand bei 65 % Steinschlag) durchgeführt. Zum Vergleich wurde in einer dritten Versuchsreihe überprüft, ob das gleiche Ziel ohne Rüttelverdichtung erreicht werden könnte. Das Ergebnis der Untersuchungen zeigte, daß sich bei Verwendung des vorgesehenen splittrigen Steinschlages nur bei Rüttelverdichtung eine Wasserdichtigkeit bis zu 12 at erreichen läßt.

Bald nach Abschluß des Bauvertrages entschloß man sich, einige wichtige Fragen der Bauausführung, insbesondere zur Festlegung der Gestaltung derjenigen Teile der Anlage, die einer genauen Berechnung nur schwer zugänglich sind, Modellversuche anzustellen und erst auf Grund der Ergebnisse dieser Versuche die endgültigen Entscheidungen zu treffen. Im einzelnen handelte es sich um die Hochwasserentlastungsanlage, die Abführung des Rio Negro-Abflusses während des zweiten Bauabschnittes und schließlich die Ermittlung gewisser Spannungen in der Staumauer durch spannungsoptische Messungen.

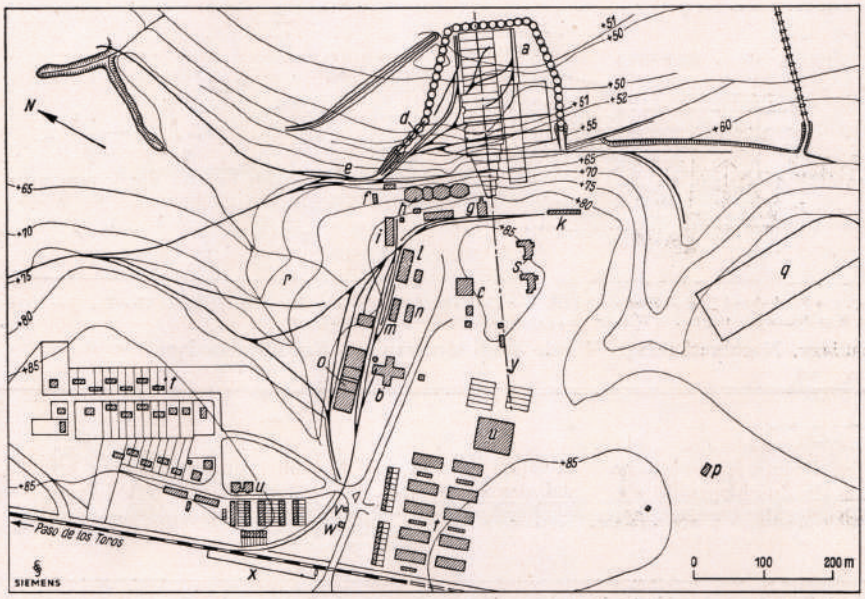
Die wasserbaulichen Modellversuche wurden auf Grund eines umfassenden Versuchsprogramms in der Preußischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin, durchgeführt. Neben Versuchen zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit des Überfalls und der Form des Überfallstrahles umfaßte das Programm Versuche zur Ermittlung der zweckmäßigsten Form des Tosbeckens, der günstigsten Anordnung von Ausgleichschlitzen in der Abschlußdecke des Überfalls sowie Versuche über die Leistungsfähigkeit der im zweiten Bauabschnitt vorgesehenen provisorischen Staumauer-Durchflußöffnungen.

Programm und vorhandene Einrichtungen der Versuchsanstalt führten für die erstgenannten drei Versuche zur Wahl eines Modellmaßstabes von 1 : 30 und zur Darstellung eines Modellausschnittes von zwei Staumauerpfeilern. So ergab sich eine 83,3 cm breite Versuchsrinne. Die Wassermengen wurden mittels eines geeichten Meßwehres, Nadelböcken und Meßnadeln zur Einmessung des Wasserpiegels und der Sohlenhöhen gemessen, die Höhen wurden durch Höhenmessung festgestellt. Direkte Pegelablesung und das Festhalten der Strömungsbilder in Bild und Film wurden durch den Einbau von Glasscheiben in die Rinnenwand ermöglicht.

Das Ergebnis der Versuche lieferte die Grundlagen, nach denen die Form des Überfallstrahles und die Wasserspiegelhöhen in der Stauwandebene für verschiedene Wassermengen festgelegt wurden. Für den Überfallrücken konnte eine verbesserte Form gefunden werden. Nach Untersuchungen von 25 Tosbeckenformen konnte auf der Grundlage einer größten Überfallmenge von 4500 m³/s eine Form ermittelt werden, die den Anforderungen entspricht. Die Tosbeckensohle liegt bei der gewählten Anordnung 2,75 m tiefer als beim ursprünglichen Entwurf; der Krümmungsradius ist vergrößert, an der Einmündung der Abschlußplatte in das Tosbecken verbleibt eine Sprungnase von 1,40 m Höhe, durch die man erreicht, daß der Schlußstrahl gleich beim Eintritt in das Tosbecken oben durch die Deckwalze und unten durch eine Grundwalze getrennt wird; dadurch wird die Energie so verteilt, daß die im Tosbecken angeordnete Zahnschwelle mit stark verminderter Wucht getroffen wird. Am Tosbeckenabschluß schließlich ist eine kleine, nur wenig über die Flußsohle hinausragende Endschwelle angeordnet, um einen Sohlenangriff bzw. Kolk unmittelbar unterhalb des Tosbeckens zu verhindern.

Die Versuche zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit der vorläufigen Öffnungen zur Abführung des Abflusses während des Baues wurden mit einem Modellausschnitt von 1½ Öffnungen und mit Wassermengen durchgeführt, die einem natürlichen Gesamtabfluß durch fünf Öffnungen von 2600 m³/s entsprechen. Neben den vier genannten Programmpunkten des Versuchsplanes, deren Lösung durch Laboratoriumsversuche an Modellen gefunden werden konnte, war noch die wichtige Frage zu klären, wie sich das Flußbett und die Geschiebebewegung während der Bauausführung verhalten. Angesichts der Bedeutung dieser Fragen für die Bauausführung erschien hier ein Groß-Modellversuch in der Natur geboten. Er wurde auf dem Freigelände der Versuchsanstalt in Marquardt bei Berlin vorgenommen. Als Geschiebestoff wurde, um ein möglichst leicht bewegliches Material zu erhalten, Braunkohlengrus verwendet. Nach Vorversuchen ohne Einbauten über das Einstellen der Gefälle an der Sperrstelle wurde der Ablaufplan auf Grund des wasserreichen Jahres 1912 zusammengestellt. Als Zeitmaßstab wurde 1 Tag = 1 Minute gewählt, d. h. das Jahr lief in 6 Stunden und 6 Minuten ab. Als höchstes Hochwasser wurde der auch im Bauplan angenommene Höchstwert von 5000 m³/s eingesetzt. Die Durchflußbewegung eines wasserarmen und eines wasserreichen Baujahres in jedem Bauabschnitt wurde fotografisch aufgenommen und dabei die senkrecht von oben von Meter zu Meter durch Wollfäden als Höhenlinien markierten Wasserstände festgehalten. Die Versuche für den ersten Bauabschnitt zeigten, daß in diesem Abschnitt bei gleichmäßigem Vorbau des ober- und unterwasserseitigen Fangedammes mit dem Eindringen nennenswerter Geschiebemengen in die Baugrube nicht zu rechnen war. Weitere Versuche ergaben nach Beendigung des II. Bauabschnittes eine ungünstige Lage der Sandbänke, so daß sich hier bauliche Sondermaßnahmen zur Reglung der Geschiebebewegung als nötig erwiesen. Es kann heute festgestellt werden, daß die Ergebnisse der Großversuche über diese Veränderungen durch die Beobachtungen bei der Bauausführung bestätigt wurden.

Die Spannungsuntersuchungen wurden nach dem spannungsoptischen Verfahren durchgeführt, um wichtige Spannungszustände in den Pfeilern festzustellen, deren Ermittlung der Berechnung



a = Baugrube I, b = Baukraftwerk, c = Baubüro, d = Schrägaufzug, e = Mischanlage, f = Meßsilo, g = Vorbrecher, h = Zuschlagstoffe, i = Zementschuppen, k = Verdichterhaus, l = Werkstatt, m = Lager, n = Zimmerei, o = Rundeisenlager, p = Sprengstoffschuppen, q = Steinbruch, r = Seitenablagerraum für Aushub, s = Häuser für Betriebsleiter, t = Siedlung, u = Speiseanstalt, v = Polizei, w = Verkaufsladen, x = Bahnhof, y = Achse des Staudammes.

Bild 5. Allgemeine Baustelleneinrichtung, oben Baugrube mit Spundwand-Zellenfangedamm.

schwer zugänglich ist. Im wesentlichen handelte es sich um eine Untersuchung des Staumauerquerschnittes senkrecht zur wasserseitigen Kante des Pfeilers und zur Feststellung der Spannungserhöhung bei Vorhandensein scharfer Ecken beim Übergang vom Kopf zum Steg. Die Messungen führten u. a. dazu, daß man, um einen ungünstigen Spannungsverlauf zu vermeiden, einen allmählichen Übergang vom Kopf zum Steg wählte. Dank der Abänderung dieses Überganges konnte die größte Kantenpressung fast um die Hälfte herabgesetzt werden.

Die Baustelleneinrichtung.

Die Hauptbaustelleneinrichtung war auf dem rechten Flußufer untergebracht (Bild 5). Dort liegt auch unweit des Baustofflagers und der Bauten für die Bauleitung und Bauaufsicht eine umfangreiche und gesund angelegte Angestellten- und Arbeitersiedlung für die beim Bau beschäftigten rd. 3000 Gefolgschaftsmitglieder. Massive Siedlungshäuser aus luftgetrockneten Lehmziegeln mit Wasserversorgung, Entwässerung, alle sanitären Einrichtungen, Krankenhaus und besondere Trinkwasser-Aufbereitungsanlage wurden neu errichtet. Die Stromversorgung für die gesamte Baustelle wurde durch ein Baukraftwerk sichergestellt, dessen Ausrüstung aus fünf dreiphasigen Dieselgeneratoren von insgesamt 3000 PS besteht. Umfangreiche Werkstättenanlagen mit einer Hauptwerkstatt, Zimmerei und Eisenbiegerei wurden am rechten Ufer, eine Nebenwerkstätte am linken Ufer errichtet. Gleichfalls auf der rechten Flußseite, in etwa 1,5 km Entfernung von der Baustelle, wurde der Steinbruch angelegt, der die gesamte Baustelle mit Steinen und Zuschlagstoffen für den Beton versorgte. Der Steinbruch wurde durch acht Druckluftbohrhämmer erschlossen, für Aushub und Ladung standen mehrere Löffelbagger von 2,75 m³ Löffelinhalt zur Verfügung. Der Förderung des Gesteins zur Brechanlage dienten Dampflokomotiven und Kippwagen auf 900 mm-Spur-Gleis.

Die Brech- und Mahlanlage.

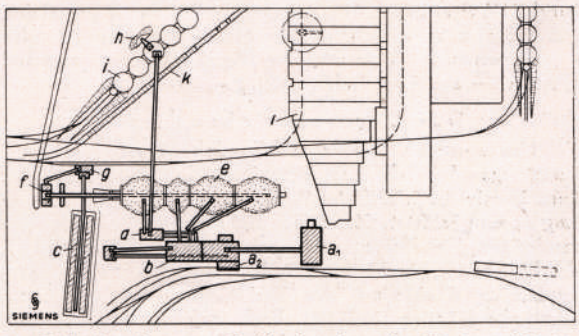
Die Brech- und Mahlanlage auf dem rechten Ufer verarbeitete das gesamte aus dem Steinbruch und teilweise auch aus den Baugruben anfallende Melaphyrgestein und den unterhalb der Sperrmauerbaustelle am Flußufer gewonnenen Flußsand (Bild 6...8). Diese umfangreiche Anlage bestand aus:

1. der Vorbrechanlage,
2. der Nachbrechanlage,
3. den Wasch- und Sortiereinrichtungen,
4. der Feinbrechanlage,
5. der Gewinnungs- und Sortieranlage für den Flußsand.

Das Gestein wird zunächst dem Vorbrecher zugeführt, einem Einschwingen-Backenbrecher mit 1300 × 1000 mm Maulweite, dessen zur gleichmäßigen Beschickung angeordneter Stangenförderrost mit Aufgabesilo ausgerüstet ist, um auch große Steine gut zu erfassen. Die Leistung am Vorbrecher beträgt 80...100 m³/h. Vorbrecher und Stangenrost werden von einem fahrbaren Laufkran von 10 t Tragkraft bestrichen, der zur Montage und zum Auswechseln von Einsatzteilen dient.

Über eine verstellbare Rutsche gleitet das vorzerkleinerte Gestein zum Förderband I (vgl. Bild 7, c) von 1000 mm Breite, das es an den Ausgleichsilo der Nachbrechanlage abgibt. Hier sind zwei Aufgabegeräte von 1000 mm lichter Weite vorgesehen, die den Baustoff den zwei Nachbrechern von 1000 × 600 mm Maulweite gleichmäßig aufgeben. Auch hier ist für Montagezwecke ein 10 t-Laufkran vorgesehen.

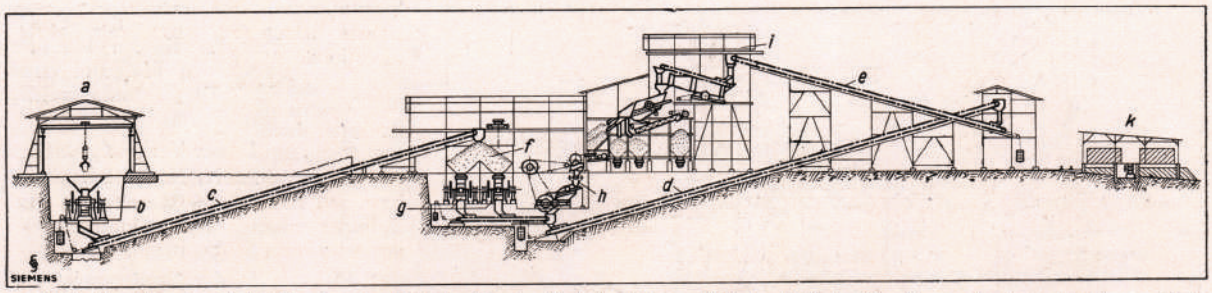
Das nachgebrochene Gestein gelangt, soweit es verschmutzt ist, über die Förderbänder II, III und IV zur Waschanlage, wo zwei im Gegenstromprinzip arbeitende Waschmaschinen von 2000 mm ⌀ und 7000 mm Trommellänge den Baustoff aufnehmen. Für den nicht verunreinigten Teil des Anfalles ist eine Abzweigrutsche angeordnet, durch die das saubere Gestein über das Förderband V unmittelbar zur Siebanlage gelangt. In zwei Sieben wird hier das gebrochene Gestein in die vorgesehenen Körnungen 0...7, 7...15, 15...60 mm und den



a_1 = Vorbrecheranlage, a_2 = Nachbrecheranlage, b = Wasch- und Sortieranlage, c = Zementschuppen, d = Sortieranlage für Flußsand, e = Vorratslager, f = Zumeßanlage, g = Betonmischanlage, h = Umschlaganlage, i = Fangedamm, k = Schrägaufzug, l = Staumauer.

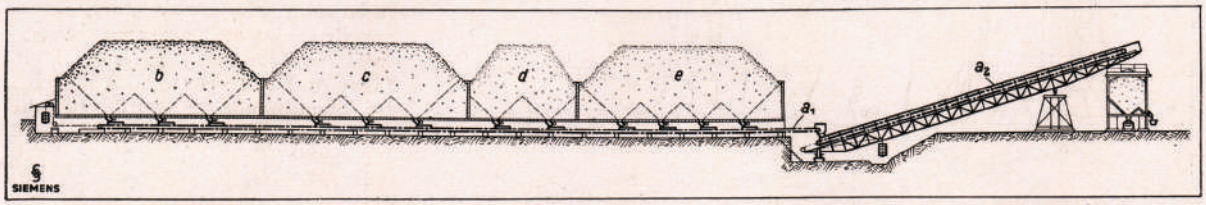
Bild 6. Lageplan der gesamten Aufbereitungsanlage.

Überlauf > 60 mm ausgesiebt. Davon gelangt die Körnung 0...7 über zwei Entwässerungsschnecken in den Sandsilo, während die übrigen Körnungen in die zugehörigen Silos fallen. Der gesamte Überschuß an Körnung 15...60 mm



a = Vorbrecheranlage, *b* = Großsteinbrecher, *c* = Förderband I, *d* = Förderband III, *e* = Förderband IV, *f* = Silos für vorgebrochenes Gestein, *g* = Nachbrecher, *h* = Feinbrechanlage, *i* = Wasch- und Sortieranlage, *k* = Zementschuppen.

Bild 7. Vorbrechanlage, Nachbrechanlage, Wasch- und Sortieranlage, Bandförderanlage.



a_1 = Förderband im Tunnel, a_2 = schwenkbares Förderband, *b* = Schotter 15 ... 60, *c* = Schotter 7 ... 15, *d* = Bruchsand 0 ... 7, *e* = Flußsand 0 ... 7.

Bild 8. Lagerhalde für die Zuschlagstoffe mit tiefliegendem Tunnel und Band.

gleitet durch Umstellen einer Klappe zum Überlaufsilo.

Um das fehlende Zwischenkorn herzustellen, entnehmen drei Aufgabegeräte von 800 mm l. W. dem Überlaufsilo das Gestein und geben es an drei Feinbrecher von 1000 × 120 mm Maulweite gleichmäßig ab. Das gebrochene Gut gelangt über das Förderband VI auf ein einstufiges Schnellsieb, um hier in die Körnungen 0···15 mm und darüber abgesiebt zu werden. Die Körnung 0···25 fällt auf das Förderband III, während der Überlauf zunächst das Großwalzwerk von 1000 mm Walzendurchmesser und 800 mm Breite durchläuft und dann ebenfalls über das Förderband III der Waschanlage zugeleitet wird.

Für die Sandgewinnung aus dem Fluß ist ein Saugbagger mit stündlicher Leistung von 30 m³ bei 30 m Spültiefe und 6 m Baggertiefe eingesetzt. Der gewonnene Flußsand wird auf Schuten zur Umschlagstation gebracht, dort mittels Greifer entladen, auf ein Band abgegeben und zum hochgelegenen Schnellsieb gefördert. Über die zweistufige Siebanlage mit Abspritzvorrichtung gelangt der anfallende Sand 0···7 mm über zwei Entwässerungsschnecken in den Sandsilo und von dort über das Förderband XIII zum Lager. Die Körnungen 7···15 und 15···60 mm werden über entsprechende Ausgleichsilos durch Bänder — gemeinsam mit dem von der Waschanlage kommenden Gestein — zur Lagerhalde geleitet.

Die Lagereinrichtungen.

Um von den jeweils anfallenden Massen der Aufbereitungsanlage für den Betonierbetrieb unabhängig zu sein, wurde für sämtliche Zuschlagstoffe ein Vorratslager eingerichtet. Zu seiner Bedienung wurde ein umfangreiches Bandfördersystem angelegt (vgl. Bild 6 und 7), das fünf Förderbänder umfaßt, die ihrerseits die drei Lagerhaufen der Halde mit den drei Körnungen beschicken. Sämtliche Bänder sind mit direkt gekuppelten Motoren ausgerüstet. Die Lagerhalde bietet Lagermöglichkeit für 2700 m³ Schotter 15···60 mm, 2700 m³ Split 7···15 mm, 700 m³ Steinsand 0···7 mm und 2700 m³ Flußsand. Durch einen unter der Halde eingebauten Stollen mit 800 mm Abzugsband (vgl. Bild 8) werden die abgezogenen Zuschlagstoffe auf ein schwenkbares Band geleitet, das sie zu den Bunkern der Zumeßanlage fördert. Hier entnehmen die unter den Bunkern angeordneten Zumeßgeräte je nach dem Mischungsverhältnis die drei Zuschlagstoffkörnungen und geben sie in abgemessenen Mengen auf zwei weitere Bänder ab, die sie dem Ausgleichsilo der Betonmischanlage zuführen. Die untereinander gekuppelten beiden Zumeßgeräte werden von der Mischanlage aus durch Druckknopfschalter betätigt; die laufende Aufzeichnung der abgegebenen Zuschlagstoffmengen besorgt ein eingebauter Stoßzähler.

Der Zementumschlag.

Der in Säcken auf der Bahn angelieferte Zement wird in einem geräumigen Schuppen von 720 m² Grundfläche gestapelt und von dort über drei Förderschnecken, in deren Trichter die Säcke entleert werden, zum Ausgleichsilo der Mischanlage gefördert.

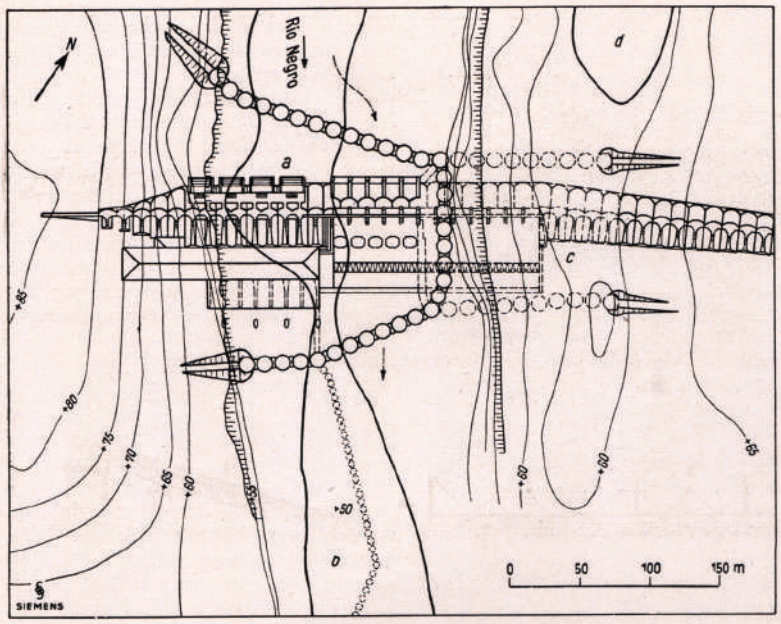
Die Betonmischanlage.

Die Betonmischanlage ist in einem Mischerturm untergebracht, der die Silo-, Abwiege- und Zugabeeinrichtungen sowie die Mischmaschinen umfaßt. Unter dem Ausgleichsilo ist eine selbsttätige Zementwaage eingebaut; aus ihr gelangt der abgewogene Zementanteil über eine drehbare Rutsche in die beiden Vorsilos der Mischmaschinen, denen auch die Zuschlagstoffe anteilig aus dem Ausgleichsilo zugeführt werden. Zuschlagstoffe und Bindemittel gelangen dann in die Mischtrommeln der beiden je 1500 l fassenden Betonmischmaschinen, die mit Wasserabmeßgefäßen von 170 l Meßbereich ausgerüstet sind. Den Antrieb der Mischer besorgt je ein 30 PS-Motor. Das fertige Mischgut nehmen die auf Plattformwagen unter die Rutschen fahrenden Betonkübel über je einen Ausgleichsilo ab. Die Durchschnittsleistung der von der Internationalen Baumaschinen-Gesellschaft (Ibag), Neustadt/Hardt, gelieferten Aufbereitungsanlage betrug 60···90 m³/h.

Eine ständige, sichere Verbindung beider Flußufer wurde durch eine Dienstbrücke geschaffen, die stromab der Baustelle angelegt wurde. Sie wurde mit massiven, beiderseitig auf Fels gegründeten Widerlagern und mit 24 Strompfeilern in Stahlbeton ausgeführt und so angeordnet, daß ihr Bestand auch durch starkes Hochwasser nicht gefährdet werden konnte. Über diese Brücke führte ein Baugleis von 900 mm Spur und ein seitlich angeordneter Fußgängersteg.

Die Baugrubenumschließung durch Fangedämme.

Die Lage der Fangedämme für die einzelnen Bauabschnitte verdeutlicht Bild 9. Während des ersten Bau-



a = Baugrube I, b = Baugrube I a, c = Baugrube II, d = Teich.
Gestrichelte Linie = Fangedamm im Bauabschnitt II.

Bild 9. Lage der Fangedämme für die verschiedenen Bauabschnitte.

abschnittes wurden die Abflußmengen des Flusses durch den offenen Teil des Flußbettes zwischen dem Fangedamm der Baugrube I und dem linken Flußufer abgeführt. Nach Fertigstellung der Bauarbeiten des ersten Bauabschnittes in der Grube I wurden die Spundwandbohlen für die Zellenfangedämme der Baugrube II wieder verwendet. Sobald diese geschlossen war, wurde der Strom durch in den Strebepfeilern des Hochwasserüberfalls vorgesehene vorläufige Öffnungen geleitet. Nach Beendigung der Bauarbeiten in der Grube II sollten diese Öffnungen unter Verwendung von Dammbalkenverschlüssen wieder geschlossen werden. Damit wäre gleichzeitig der Anstau des Rio Negro eingeleitet worden. Tatsächlich wurde der Verschluß noch nicht durchgeführt, um nicht durch vorzeitigen Aufstau die Enteignung des zu überschwemmenden Gebietes vornehmen zu müssen, ehe das Kraftwerk in Betrieb genommen werden kann. Die Inbetriebsetzung ist bekanntlich durch die Behinderung der deutschen Restlieferungen auf unbestimmte Zeit verschoben worden. Der Staat Uruguay hat jedenfalls bis heute von den USA. keinerlei Zusage erhalten, wann die nunmehr dort bestellten, fehlenden Maschinen geliefert werden könnten.

Schließlich wurde, um den Aushub eines großen Teiles des Untergrabens im Trockenen durchführen zu können, der Fangedamm I a errichtet. Er wurde zum Teil als Zellenfangedamm, zum Teil als Steindamm mit eiserner Spundwand ausgeführt.

Für die wichtige Umschließung der Baugrube durch Fangedämme, der eine besondere Bedeutung zukommt, wenn mit der Möglichkeit von Überflutungen der Baustelle durch Hochwasser während der Baudauer gerechnet werden muß, wurde ein System gewählt, das von den bisher in Deutschland üblichen Fangedammbauarten völlig abweicht. Um allen Anforderungen an Standfestigkeit und Wasserdichtigkeit zu entsprechen, wurde hier erstmalig der in den Vereinigten Staaten bei den dortigen großen Wasser- und Talsperrenbauten seit einigen Jahren mit besonderem Erfolg eingeführte Spundwand-Zellenfangedamm zur Abschließung der Baugruben verwendet. Die Konstruktion dieser Fangedammart besteht aus Zylindern aus Stahlspundwandeisen, die in den Felsgrund eingerammt bzw. auf ihn aufgesetzt werden. Die Zylinder erhalten einen Durchmesser, der etwa ihrer Höhe entspricht; er betrug hier 12,50 m (Bild 10).

Zur Verbindung der Zylinder untereinander werden einige Spundbohlen als Segmentbogen eingerammt und mit den Zylindern durch Sondereisen verbunden. Um die Kreisform sicherzustellen, werden zunächst besondere kreisrunde Führungsgerüste durch Krane im Fluß versetzt. Das Rammen der Spundwandeisen wurde für die ersten Zylinder durch Schwimmkrane durchgeführt, für die weiteren durch Dampfhämmer, die auf den bereits errichteten Zellen laufen.

Die Vorteile dieser Spundwand-Zellenfangedämme bestehen in ihrer besonders guten Standsicherheit, ihrer hohen Dichte, die gestattet, mit einem Bruchteil der sonstigen Pumpenleistung die Wasserhaltung durchzuführen, und letzten Endes in einer Verkürzung der Bauzeit. Überdies ist das System elastisch und paßt sich gegebenenfalls gewissen Einflüssen des Untergrundes und Auswirkungen von Sprengungen innerhalb der Baugrube an. Beim Auf- und Abbau sind keine Sprengungen oder Bohrungen nötig, so daß der Untergrund völlig unversehrt bleibt.

Sobald der Fangedamm geschlossen ist, d. h. Zylinder und Zwischenstücke erstellt und verbunden sind, wird der Spundwandfuß zur Erhöhung der Sicherheit gegen Wasserdurchlässigkeit durch einen Betonriegel (betongefüllte Zementsäcke) gegen die Flußsohle abgedichtet. Anschließend werden die Zylinder mit Boden ausgefüllt. Um gegebenenfalls in die Zellen eindringendes Wasser nach dem Baugrubeninneren abzuleiten, werden innerhalb der Zellen Sickerlöcher vorgesehen.

Für den ersten Abschnitt wurden 37 derartige Zellen errichtet. In offener Baugrube wurde dann im Schutze

Bild 10. Fangedamm der Baugrube I kurz vor dem Schließen.

dieses Fangedammes die Wasserhaltung mit Kreiselpumpen durchgeführt.

Als die 40 000 m² fassende Baugrube I leergepumpt wurde, erwies sich eine derart hohe Dichtigkeit des Fange-

Bild 11. Baugrube I mit Gleisförderanlagen für den Aushub.

dammes, daß an Sickerwassermengen nur 30 l/s festgestellt wurden. Selbst bei Hochwasser wurde dieser Wert nicht überschritten.

Zur Verbindung der ersten Fangedammzellen mit dem Ufer, d. h. an den Stellen des Flußufers, wo der Fangedamm bei Niedrigwasser im Trockenen hergestellt werden konnte, wurde eine andere Bauart vorgesehen. Die Anschlußfangedämme bestehen hier aus einer Steinschüttung mit einem undurchlässigen Stahlbetonkern.

Erfahrungen mit den Spundwand-Zellenfangedämmen.

Dem Bauprogramm gemäß wurde der größte Teil der Zellen bei Niedrigwasser erstellt. Die dabei auftretenden Wassergeschwindigkeiten lagen zwischen 0,8 und 1,50 m/s. Die Arbeiten konnten jedoch zeitweise auch bei bedeutend höheren Wassergeschwindigkeiten gefahrlos durchgeführt werden, so im Januar 1938, als an der Einbaustelle Geschwindigkeiten bis zu 3,50 m/s festgestellt wurden. Der Natur des Felsuntergrundes entsprechend konnten die Spundbohlen der Zellenwände im allgemeinen nicht tief in die Sohle eindringen. Wo die Bohlen auf Spalten oder stark zerklüftetes Gestein stießen, konnten sie meist 10 bis 25 cm, in einzelnen Fällen auch tiefer eingerammt werden. Dagegen fanden sich bei genauer Beobachtung auch einige Bohlen, die auf einen starken Felsvorsprung aufgesetzt waren. Zweifellos war jedoch eine gewisse Einspannung der Zellen in den Untergrund vorhanden. Sie wurde, wie oben erwähnt, durch das Zubetonieren der Felsspalten und Anschlüsse noch verbessert.

Die Dichtigkeit der Zellenfangedämme konnte praktisch in überzeugender Weise festgestellt werden. Die mit den Fangedämmen abgeschlossenen Baugruben wurden völlig trockengelegt und konnten unter Förderung des geringen Sickerwassers durch eine zweizöllige Pumpe vollkommen trockengehalten werden. Einen besonders überzeugenden Beweis für die Dichtigkeit der Zellen lieferten die Erfahrungen bei den verschiedenen Hochwasserperioden während der Bauzeit in den Jahren 1938 und 1941. So stieg z. B. vom 8. bis 10. März 1938 der Rio Negro infolge außerordentlich heftiger Regenfälle plötzlich von 17 Uhr nachmittags bis 7 Uhr früh um 4,6 m. Fangedamm und Flußsohle haben sich dabei praktisch als vollkommen dicht erwiesen. Der Wasserandrang vermehrte sich naturgemäß etwas, konnte aber mit einer Pumpe ohne weiteres bewältigt werden. Quellen in den Spalten der Baugrubensohle traten nicht auf. Offensichtlich stieg mit dem Anschwellen des Außenwassers auch der Wasserspiegel innerhalb der Füllung der Zellen. Das Wasser wurde durch die vorgesehene Drainage und die durch die Spundbohlen gebohrten Löcher wieder abgegeben, und zwar im allgemeinen, ohne dabei Füllmittel mitzureißen.

Im Jahre 1941 traten dreimal so starke Hochwasser auf, daß die Fangedammskrone der Baugrube II um mehr als 4 m überflutet wurde, wobei die Wassermengen schätzungsweise 5000 m³/s betrugen Trotz der außerordentlich starken Beanspruchungen hielt der Zellenfangedamm stand und blieb bis auf kleine Ausspülungen des obersten Teiles der Zellenfüllungen unversehrt.

Die Aushubarbeiten.

Für die Bewältigung der insgesamt 280 000 m³ betragenden Aushubmasse wurden folgende Geräte eingesetzt: Für den Felsaushub, der den überwiegenden Teil der Masse bildete, standen zur Lösung Druckluftbohrgeräte und Sprenggerät, zum Aushub drei Demag-Löffelbagger mit 1,6, 1,35 und 1,20 m³ Löffelinhalt sowie zwei Greiferausrüstungen zur Verfügung. Der Aushub wurde auf Feldbahngleis von 900 mm Spur mit Dampflokomotiven von 160 PS und 4 m³-Holzkastenkippern gefördert. Drei verschiedene Förderarten zur Überwindung des Höhenunterschiedes der Baugrubensohle und der hochgelegenen Kippe wurden ausgenutzt: ein Schrägaufzug mit einer stündlichen Leistung von 20 Wagen zur Förderung der Kippwagen auf 90 m Länge und 15 m Höhe bis auf Fangedamm-Oberkantenhöhe, wo die Dampfzüge die Weiterförderung übernahmen, ferner Greiferaushub vom Fangedamm aus mit Entleerung in die Kippwagen und schließlich eine Rampe mit Gleisförderung (Bild 11).

Der Sandaushub der Baugrube II und der Untergrabenaushub in den Gruben I und I a wurden mit den vorerwähnten Löffelbaggern durchgeführt, für den seitlichen Aushub, außerhalb der Baugrube I und I a, wurde zur Felszertrümmerung ein Demag-Felsbrecher eingesetzt. Der Obergraben wurde in seinem gesamten Umfang im Bereich der Baugrube I ausgehoben.

Gründungsarbeiten mit Untergrundabdichtung.

Für die Gründung der Staumauer im Fels wurde eine Verzahnung in der Weise ausgebildet, daß man nach Möglichkeit das natürliche Gefüge des Felsens berücksichtigte, d. h. die Teile geringerer Festigkeit entfernte und die festen Teile stehen ließ.

Wie eingangs dargelegt, wies der Untergrund an der Sperrstelle zerklüftete bzw. verwitterte Felsschichten auf, die eine Dichtung erforderlich machten. Zwei Arten von Dichtungsarbeiten waren durchzuführen: Zunächst die Abdichtung der oberen Schichten, etwa auf eine Tiefe von 3 m unter Gründungsohle, und ferner die Dichtung der tieferen Schichten, die bis in die Tiefe der undurchlässigen Schicht hinunterreicht.

Demgemäß wurden Zementeinpressungen unter die Gründungsohle und — für die Tiefendichtung — ein sogenannter Dichtungsschleier bis in eine Tiefe von 25 m unter Bauwerksohle durchgeführt. Die Zementeinspritzungen für die oberen, stärker zerklüfteten Schichten erstreckten sich auf die gesamte Sperrmauerbreite. Sie dienen in erster Linie dazu, die oberen Schichten, die auch durch die Sprengarbeiten z. T. stärker in Mitleidenschaft gezogen waren, zusammenzukitten und so eine einwandfreie Gründung sicherzustellen. An den zerklüfteten Stellen wurden die Einpressungen noch durch chemische Bodenverfestigung ergänzt. Die Arbeiten für die Herstellung des Dich-

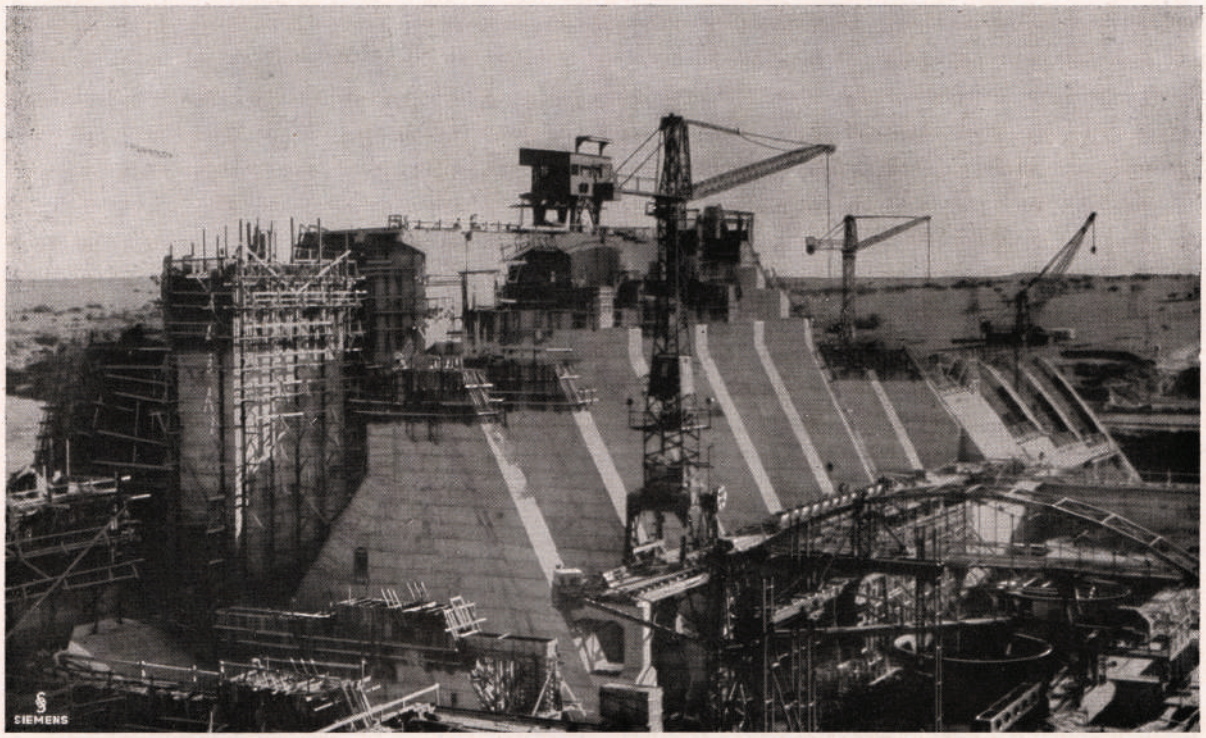


Bild 12. Betonierarbeiten in Baugrube I mit Einlaufpfeilern im Bauzustand 1938. Turmdrehkrane zum Einbringen des Betons; rechts im Grunde fahrbare Betonierbrücke.

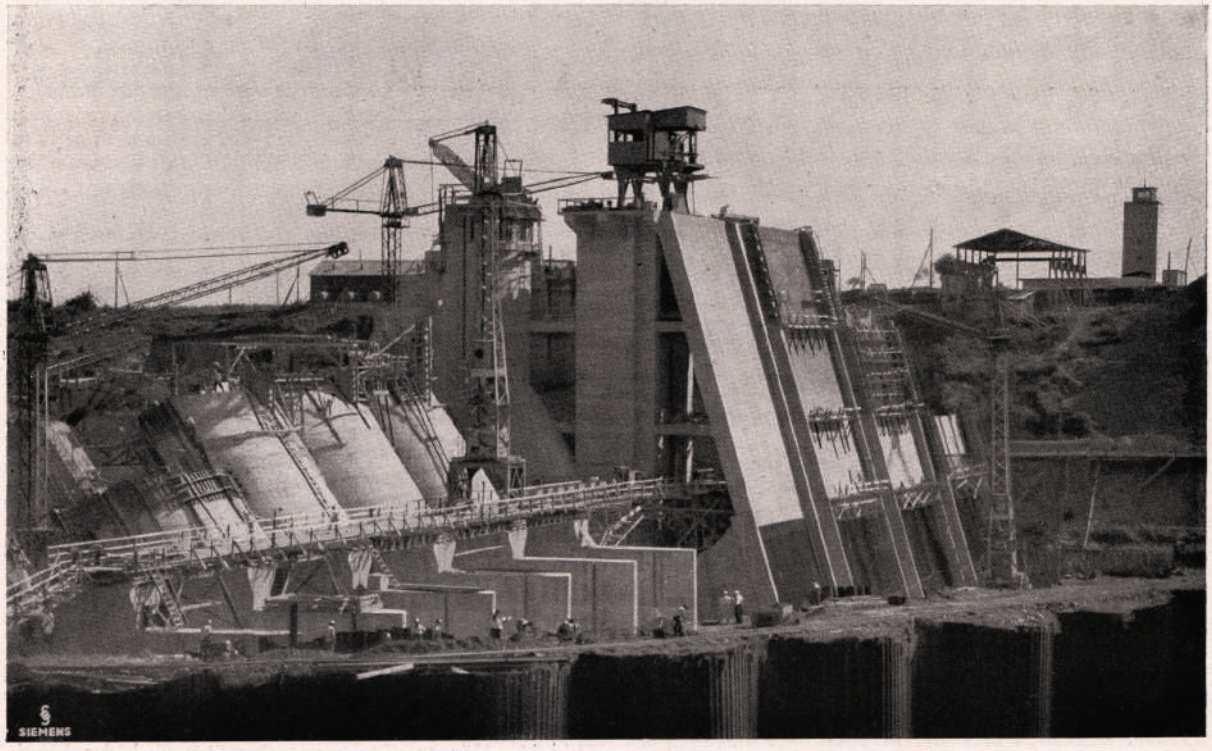


Bild 13. Betonierarbeiten an den Überfallpfeilern im Bauzustand 1939; im Vordergrund das Fördergleis auf dem Fangedamm.

tungsschleiers in den tieferen Schichten ließen sich auf den Streifen unter dem Fuß der Staumauer und der oberwasserseitigen Herdmauer beschränken. Es wurden sowohl senkrechte wie schräge Bohrungen angelegt, die Bohrlöcher wurden im allgemeinen in 3···4 m Abstand voneinander vorgetrieben.

Nach dem Einpressen der Zementmilch wurde durch Abpressen mit Druckwasser der Wert der Durchlässigkeit

der Felsschicht festgestellt. Das Einpressen geschah stufenweise in Abschnitten von 5 zu 5 m von oben nach unten. 16 besonders beschaffte Bohreinrichtungen wurden für die Einpreßarbeiten eingesetzt.

Da die Berechnung der Staumauer nach dem System Nötzli davon ausgeht, daß die Gründungsplatte keinen Auftrieb erleidet, mußte die dichtende Wirkung der Zementeinpressungen im Bereich der Gründungsplatte durch nachträgliches Aufbohren wieder aufgehoben werden, um jeden Auftrieb auszuschalten.

Die Betonierarbeiten.

Für den in der Betonmischanlage hergestellten Beton waren zwei Mischungsverhältnisse vorgeschrieben, die bei 300 kg Zement je m³ fertiger Betonmasse zwei Teile Sand (0···7 mm), einen Teil Split (7···15 mm) und drei Teile Schotter (15···60 mm) bzw. bei 280 kg Zement zwei Teile Sand, zwei Teile Split und drei Teile Schotter vorsahen. Die Förderung des Betons von der Mischanlage zur Baustelle wurde auf Plattformwagen mit je zwei 600 l fassenden Betonkübeln mit Diesellokomotiven

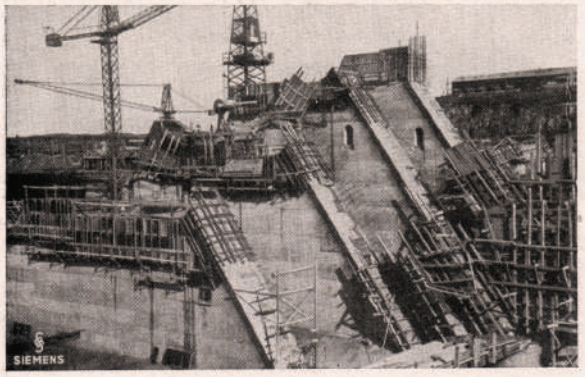


Bild 14. Schalung für die Rippen der Überlaufpfeiler.

durchgeführt, wobei das Fördergleis in 900 mm Spur z. T. auf den Fangedämmen verlegt wurde. Das Einbringen übernahmen im wesentlichen Wolffsche Turmdrehkrane von 2 t Tragfähigkeit und 20 m bzw. 25 m Ausladung. Bei der Fundamentbetonierung wurden z. T. auch fahrbare Betonierbrücken eingesetzt, von denen aus der Beton über Förderband, Trichter und Hosenrohre in die Baugrube eingebracht wurde (Bild 12 und 13). In dem zweiten Bauabschnitt wurde der Beton von der Mischanlage auf dem rechten Ufer über eine Förderbrückenanlage zum Fangedamm der Baugrube II gefördert und dort in gleicher Weise wie im ersten Bauabschnitt durch Turmdrehkrane eingebracht.

Als Schalung wurde für die Pfeilerrippen, die Rundköpfe der Pfeiler und für den Überfall Stahlschalung vorgesehen, die von der Gutehoffnungshütte nach den Patenten der Blaw Knox Co. geliefert wurde. Die Rippenschalung ist aus Stahlplatten zusammengesetzt, die sämtlich 1 m Höhe und verschiedene Breiten aufweisen, so daß für die Gesamtbreite der zu verschalenden Fläche jedes beliebige auf 10 cm abgerundete Maß eingehalten werden kann. Überdies konnte durch Schiebebleche ein weitgehender Ausgleich erreicht werden. Die Tafeln selbst sind aus 2,75 mm dickem Stahlblech gefertigt und durch Aussteifungswinkel 50 × 50 × 5, die je 30···35 cm angeordnet sind, gegenseitig abgesteift, während die senkrechte Versteifung durch Ständer, sogenannte Rippen, die auf die Platten aufgesetzt sind, erreicht wird. Durch Dorne und Keile werden in einfacher Weise die Verbindungen zwischen den Tafeln hergestellt. Die Stärken der Einzelteile waren für die Stabilität ausreichend bemessen und

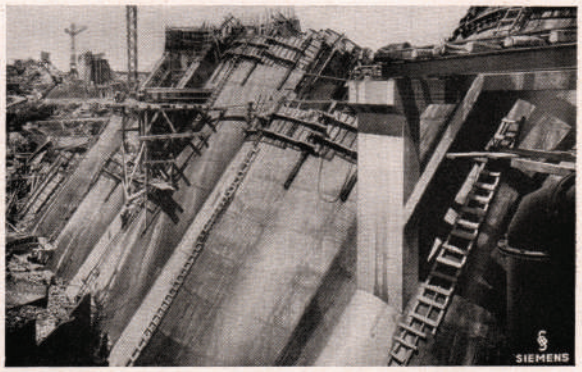


Bild 15. Außenschalung der Rundkopfpfeiler.

das geringe Gewicht brachte für Förderung und Umbau erhebliche Vorteile mit sich. Die Schalung für die Regel- und die Einlaufpfeiler war in genügender Anzahl für die gleichzeitige Ausführung von acht Rippen vorhanden. Die jeweilige Betonierhöhe betrug 2 m. Zu einem Betoniervorgang gehörten daher immer drei Schalungstafeln übereinander, ausgenommen im senkrechten Teil der Verzahnung, in dem vier Tafeln vorgesehen wurden (Bild 14). Die Ausschalfrist betrug für die Rippen im allgemeinen 24 h, für die Schaltafeln selbst 48 h. Auf diese Weise konnte bei acht im Betonierbetrieb in Angriff genommenen Pfeilern fast an jedem Arbeitstag an zwei Pfeilern betoniert werden.

Für die Hochführung der Rundköpfe bestand die Montageanordnung für die Schalung der Unterseite im wesentlichen aus einem Schlitten, der mit Leitern und Treppen versehen ist, sowie aus einem waagerechten Arbeitsboden, der auf den Diagonalen des Schlittens ruht. Der Schlitten trägt jeweils die Hälfte eines Verschalungspiels. Er läuft in Rollen auf Schienen, die von Konsolen getragen werden, die ihrerseits im Pfeilerbeton verankert sind. Zum Ein- und Ausschalen sowie zum Halten der Schaltafeln während des Betonierens werden Gleitstücke verwendet. Für die Außenschalung der Rundköpfe (Bild 15 und 16) ist kein Aufzug vorgesehen. Der Aufbau wird hier nur mit Hilfe doppelter Gleitstücke vorgenommen, die zum Vorbau der Schalung abwechselnd

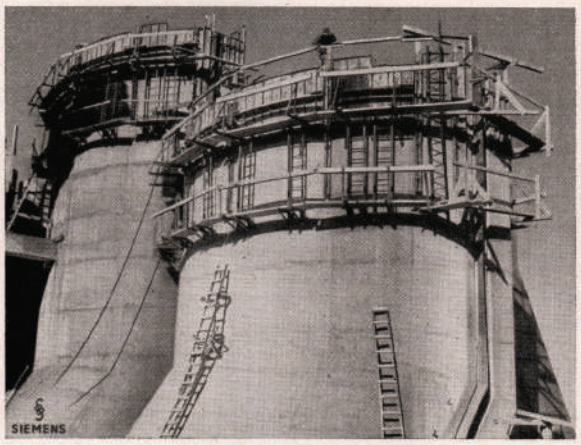


Bild 16. Hängegerüste am senkrechten Teil der Rundkopfpfeiler.

übereinandergesetzt werden. Für die Überfalldecke besteht die Innenschalung aus Tafeln, die mittels Längsträgern aus U-Eisen versteift sind. Diese Zusammenstellung von Tafeln ruht auf einem Schlitten, der auf Schienen, die

längs der Strebepfeiler verlegt sind, verfahrbar ist. Ist die Schalung an einer neuen Stellung angelangt, so werden Schraubenwinden in Betrieb gesetzt, die mittels einer Klaue Schlitten und Räder von den Schienen abheben. Dann wird der Schlitten an den oberen Wandgestellen aufgehängt bzw. gegen die unteren verstemmt (Bild 17). Die Außenschalung wird bei jedem neuen Betoniervorgang nach oben gezogen. Gegen den Beton wird sie an ihrem unteren Teil mittels Widerlagern festgedrückt, die ihrerseits mit Schrauben im Beton verankert sind. An ihrem oberen Teil wird die Außenschalung durch Zugstangen gehalten, die sie gleichzeitig mit der Innenschalung verbinden.

Die erstgenannte einfache Schalung, d.h. die rechtwinkligen glatten Schaltafeln mit den dazugehörigen Ständern (Rippen) hat sich auch für die Hochführung anderer Bauteile gut bewährt, so bei glatten Wänden aller Art, bei Abstellfugen in größeren Betonblöcken und schließlich auch in Verbindung mit eingesetzter Holzschalung, die dann allerdings aus Bohlen statt aus Brettern hergestellt werden muß.

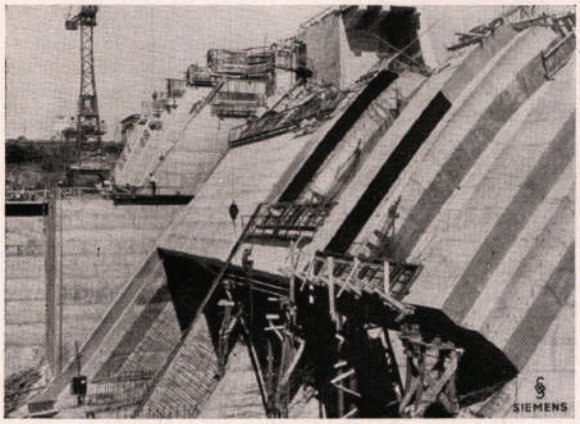


Bild 17. Ansicht der Überfallpfeiler mit oberem Rippenteil und Schalung für die Überfallpfeiler.

Der in die Schalung eingebrachte Beton wurde mittels deutscher und amerikanischer Rüttelgeräte verarbeitet. Die verwendeten Bauarten waren ausschließlich Tauchrüttler, die in den Betonbrei versenkt werden.

Verwendet wurde der deutsche Vibromax Elektro-Rüttler (0,5 kW) (Losenhausenwerk) mit einer theor. Leistung von 4 m³/h (Bild 18) und die amerikanischen Bauarten: „Master-Vibrator" (1,12 kW) mit 6 m³/h theor. Leistung, „Hydrospade" (1,5 kW) mit 4 m³/h theor. Leistung, Ingersoll-Rand für Druckluftbetrieb, Luftverbrauch 1,7 m³/min mit 8 m³/h theor. Leistung und eine größere Bauart des Ingersoll-Rand für Druckluftbetrieb, Luftverbrauch 2,55 m³/min mit 30 m³/h theor. Leistung (Bild 19).

Die Erfahrungen mit sämtlichen Rüttelgeräten waren durchaus günstig. Besonders bevorzugt eingesetzt wurden die Preßluftrüttler. Allgemein wurde von diesen die kleinere Bauform verwendet. Vornehmlich günstig bei großen Massen erwies sich die größere Bauform. Besonders geeignet für dünne Wände war die Vibromax-Bauart.

Der Betriebsverbrauch für die elektrischen Rüttler ergab sich wie folgt:

Stromaufnahme für Vibromax 0,5 kW,
Stromaufnahme für Master Vibrator 0,75 kW,
Stromaufnahme für Hydrospade 1,5 kW.

Der kWh-Verbrauch betrug
je Rüttelstunde: 0,932 kWh,
je m³ eingebrachten Beton: 0,535 kWh.

Bild 18. Verdichten der Betonschüttung mit dem deutschen Rüttelgerät Vibromax (Losenhausenwerk), Durchmesser 59 mm, Antrieb durch Elektromotor mittels biegsamer Welle.

Bild 19. Der amerikanische Ingersoll-Rand-Rüttler bei der Arbeit, Durchmesser 119 mm, Antrieb durch Druckluft von 6 at mit Handgriffen.

Für die Preßluftrüttler ergaben sich die entsprechenden Betriebswerte wie folgt:

Luftverbrauch je Rüttlerbetriebstunde: 119,79 m³,
Luftverbrauch je m³ eingebrachten Beton: 29,465 m³.

Für die Bedienung der Rüttler ergaben sich folgende Durchschnittswerte:

Gerät (Betriebsart)	Je Rüttelbetriebstunde Std.	Je m³ Beton Std.
Für Preßluftrüttler	1,602	0,394
Für elektrische Rüttler . .	1,214	0,697

Die Betonmischung erwies sich als günstig, wenn die geschütteten Betonhaufen rasch zusammenschmelzen, ohne Wasserlachen auf der Oberfläche zu bilden. Dementsprechend müssen Rüttlerzahl und Rüttelzeit bestimmt werden. Der Beton darf nicht so trocken sein, daß der Rüttler Löcher bildet. Die Rüttelzeit darf nicht bis zum Emporschwemmen der feinen Bestandteile (d. h. praktisch zur Entmischung) ausgedehnt werden. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich bei der Bauausführung die Betonverarbeitung durch Rütteln durchaus bewährt hat. Die Sichtflächen der Bauwerke zeigen ein gutes Aussehen, die Bildung von Kiesnestern wird praktisch gänzlich ausgeschaltet. Nacharbeiten an den Sichtflächen wurden bei den mit Stahlschalung ausgeführten Bauwerken nur in geringstem Umfange erforderlich, und zwar nur an den Arbeitsfugen und an den Austrittstellen der Rödeldrähte. Bei den mit Holz geschalten Bauwerken zeigte der Beton an den Brettfugen, wenn diese nicht ganz dicht waren, ein rauhes Gefüge, da der Zementbrei durch das Rütteln sehr stark durch die Fugen gepreßt wird. Bei der Rüttelverarbeitung muß deshalb stets auf eine gute Dichtigkeit der Schalung besonders geachtet werden. Die Baustellenerfahrungen bestätigen ferner die Tatsache, daß der gerüttelte Beton einen größeren Schalungsdruck ausübt als gestampfter oder gestocherter Beton. Die Schalung muß deshalb beim Rüttelbeton kräftiger ausgebildet sein und besonders gut verrödelt werden. Das gute Aussehen der Sichtflächen hat den Bauherrn veranlaßt, von der im Vertrag vorgesehenen Nachbehandlung der Sichtflächen Abstand zu nehmen.

Massen, Leistungen und Kosten.

Die für die gesamte Wasserkraftanlage im Rio Negro zu leistenden Massen setzten sich in runden Zahlen etwa wie folgt zusammen:

Erdaushub	115 000 m³
Felsaushub (einschließlich Krafthaus) .	143 000 m³
Beton: Mauerkörper der Nötzlimauer . . .	142 500 m³
Mauerkörper der beiden Endmauern	5 000 m³
Strebepfeilergründung	50 000 m³
Herdmauer	12 000 m³
Hochwasserüberfall und Decke . .	7 000 m³
Einlaufbauwerk	6 500 m³
Krafthaus	36 000 m³
	259 000 m³

Bei der verhältnismäßig kurz bemessenen Gesamtbauzeit entfielen auf den baulichen Teil erhebliche Teilleistungen, zumal wenn man in Betracht zieht, daß die in einer abgelegenen Gegend liegende Baustelle zunächst mit Bahnanschluß zu versorgen war, Siedlungen angelegt und umfangreiche sonstige Vorarbeiten durchgeführt werden mußten.

Von besonderer Bedeutung sind jedoch die Leistungen, die der deutschen Wirtschaft im Rahmen der Baudurchführung zufielen. Wenn hier nur der bauliche Teil in Betracht gezogen wird, so wurden immerhin nahezu sämtliche Baugeräte im Werte von über 5 Millionen RM aus Deutschland beschafft. Die Gesamtbausumme betrug rd. 65 Millionen RM und fiel zu erheblichem Teil in Auslandswährung an.

Das Wasserkraftwerk am Rio Negro in Rincón del Bonete

Von O. Herrler, Obering. in der Abteilung Übersee der SSW.

Der unter dem Namen „Consal" (Consorcio Alemán = Deutsches Konsortium) bekannten deutschen Firmengruppe wurde durch die zuständige staatliche Organisation der Regierung der südamerikanischen Republik Uruguay die Errichtung einer Großwasserkraftanlage am Rio Negro übertragen. An dem mit Rincón del Bonete bezeichneten Bogen des Rio Negro wurde das Kraftwerk dieser ganz Uruguay versorgenden Anlage errichtet, das nach Fertigstellung im Jahresdurchschnitt rd. 530 Millionen kWh elektrische Arbeit liefern kann. Außer einer allgemeinen Beschreibung, die eine Ankündigung und einen Überblick kurz nach der Auftragserteilung gab[1]), wurde über den elektrischen Teil des Kraftwerkes in Rincón del Bonete bisher nichts Näheres veröffentlicht. Inzwischen konnte der bauliche Teil, über den der vorhergehende Aufsatz berichtet, ausgeführt werden, während die augenblicklichen Verhältnisse des Weltkrieges eine Weiterführung der Arbeiten am maschinellen und elektrischen Teil zur Zeit nicht zulassen. Da die Siemens-Schuckertwerke als für diesen Teil federführende Firma die Aufgabe hatten, die gesamte elektrische Ausrüstung des Kraftwerkes durchzuführen und bis auf zwei von insgesamt vier Generatoren zu liefern, so soll hier wegen der großen Bedeutung der Gesamtanlage auch dieser für sich abgeschlossene Teil in seiner gesamten Planung geschildert werden.

Das im Landesinnern etwa 250 km nördlich der Hauptstadt Montevideo im Bau befindliche Wasserkraftwerk soll seine Energie über zwei Freileitungen einer noch zu erstellenden Freiluftunterstation, der sogenannten „Übergabestelle" in Montevideo, zuführen, die auf dem Gelände des unmittelbar am Hafen liegenden Dampfkraftwerkes errichtet wird. In dieser Übergabestelle wird die übertragene Leistung des Wasserkraftwerkes Rincón del Bonete und die Leistung der zwei insgesamt vorhandenen Dampfkraftwerke der Stadt zusammengefaßt und auf das dortige Netz und zu einem kleinen Teil über dieses auch auf das in geringem Umfang vorhandene Landesnetz verteilt. Der Schwerpunkt des Stromverbrauches liegt jedoch in der Landeshauptstadt und in der dort bzw. in nächster Nähe befindlichen Industrie. Das eigentliche Landesnetz wird erst später zur Ausführung gelangen. Die Abzweige für seinen zukünftigen Anschluß werden aber bereits jetzt, mit dem Ausbau der Anlage in Rincón del Bonete zusammen, dort erstellt.

Die Stromerzeuger

Für das an der Staustelle in Rincón del Bonete zur Verfügung stehende Nutzgefälle, das je nach der Spiegelhöhe des gebildeten Stausees zwischen 16,7 und 32 m schwanken kann, wurde, wie dies für niedrige Gefällstufen üblich ist, eine Kaplan-Turbine bekannter Bauart der Firma J. M. Voith mit senkrechter Welle für 136 U/min, mit Leit- und Laufradreglung gewählt. Mittels einer Zwischenwelle ist diese Turbine mit dem zugehörigen Stromerzeuger, einem Drehstrom-Synchrongenerator gleicher Drehzahl, direkt gekuppelt und bildet mit diesem

[1]) G. Gormann, ETZ, Bd. 59 (1938), Heft 21, S. 557.

eine Einheit. Vier dieser Maschinensätze mit je 32 MVA-Generatorleistung, bei $\cos\varphi = 0{,}8\cdots1$ und 7 kV Nennspannung sind im Krafthaus untergebracht, das damit den geplanten Vollausbau umfaßt.

Dadurch, daß das Traglager unterhalb des Generatorläufers angeordnet ist und der Generator selbst nahe an die Turbine herangerückt wurde, erreichte man eine möglichst gedrängte Bauart, die eine geringe Höhe des Krafthauses ergab (Bild 1). Trotz der raumsparenden Anordnung sind jedoch der Turbinenschacht und die Unterseite des Generators bequem zugänglich geblieben. Berücksichtigt man die Forderungen, die zunächst beim Einbau und später auch bei einem etwa notwendigen Ausbau der Maschinen mittels der vorgesehenen zwei Maschinenlaufkrane von je 130 t Tragkraft (bei Kupplung miteinander durch Querträger insgesamt 250 t) an die Abmessungen des Maschinenhauses gestellt werden müssen, so kann das Verhältnis der aufgestellten Einheiten zu dem von ihnen benötigten umbauten Raum als günstig angesprochen werden. Von einer weiteren Möglichkeit, die Erregermaschinen getrennt als Umformersätze aufzustellen, wurde abgesehen. Die Generatoren sind, wie früher allgemein üblich, mit aufgebauter Haupt- und Hilfserregermaschine ausgerüstet worden, um den Betrieb möglichst einfach zu gestalten.

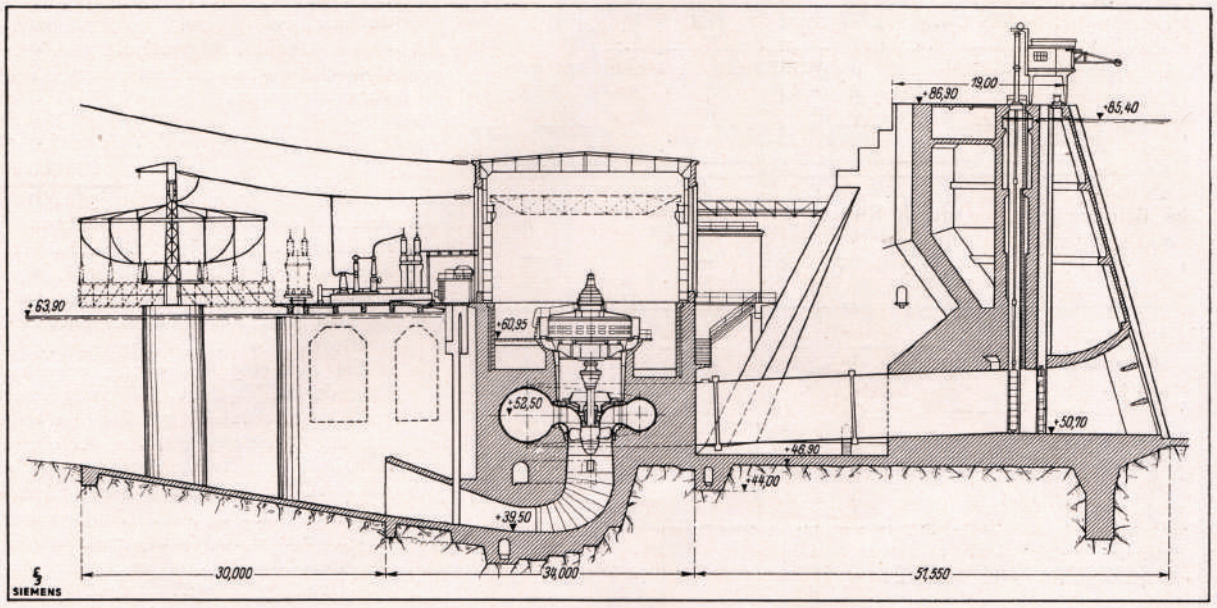


Bild 1. Querschnitt durch das Kraftwerk und durch die 170 kV-Anlage in Rincón del Bonete.

Der Generator ist eine Schenkelpol-Synchronmaschine mit Dämpferwicklung, deren Nenndrehzahl von 136 U/min bei einer Frequenz von 50 Hz einer Polzahl von 44 entspricht. Er ist für eine höchste Durchgangsdrehzahl des Maschinensatzes von 136 + 143 % = 330 U/min gebaut und mit einem untenliegenden Trag- und Führungslager sowie einem obenliegenden weiteren Führungslager ausgestattet. Im Generatorläufer ist das für die Turbinenreglung erforderliche Schwungmoment von 6100 tm² untergebracht. Um eine möglichst leichte Maschine zu erhalten, wurde der Läuferdurchmesser so groß wie irgend angängig gewählt. Selbstverständlich wurden hierbei die Beförderungsmöglichkeiten für die geteilten Polradscheiben berücksichtigt. Bei der Wahl des Läuferdurchmessers mußte andererseits auch die zulässige Beanspruchung infolge der durch die Umfangsgeschwindigkeit bedingten Fliehkraft in Rechnung gestellt werden. Man kann sich leicht vorstellen, daß diese Beanspruchung bei dem gewählten Durchmesser von 7400 mm keine unbeträchtliche Rolle spielt. Aus Gründen der Gewichtsersparnis wurden mit Ausnahme des Läufers fast sämtliche Teile, insbesondere aber der vierteilige Ständer und die Tragkonstruktion, geschweißt.

Die Leistung des Generators mit 32 MVA ergibt hohe Stromstärken; von vornherein wurde daher eine Unterteilung der Wicklung vorgesehen. Ebenso wurde auch die Primärwicklung (7 kV) der mit dem jeweiligen Generator in sogenannter Blockschaltung zusammengefaßten Dreiwicklungsumspanner unterteilt. Obwohl durch diese Maßnahme eine doppelte Leitungsführung zwischen Generator und Umspanner erforderlich wird, entsteht hierdurch kaum eine Verteuerung der Anlagekosten, da jede Hälfte auch nur für den halben Strom zu bemessen ist. Andererseits bietet die Anordnung den Vorteil, daß der Schutz für Generator und Umspanner gegen Windungsschlüsse wirksamer und damit besser ist, als wenn man die vorhandenen Doppelwicklungen innerhalb der Maschinensätze selbst zusammenfaßt. Außerdem bietet sich im Zusammenhang hiermit noch insofern ein weiterer Vorteil, als bei einem Kurzschluß im Bereich der Verbindungen zwischen Generator und Umspanner hierdurch eine Verminderung der Stoßkurzschlußströme erreicht wird; diese Wirkung wurde durch eine besondere Wicklungsanordnung noch verstärkt.

Die Haupterregermaschine hat, um eine möglichst kleine Zeitkonstante zu erzielen, ein geblättertes Joch und erhält Wendepole; auch die eigenerregte Hilfserregermaschine ist mit Wendepolen, außerdem aber noch mit einer Verbundwicklung versehen. Die Hilfserregermaschine hat an ihrer Wicklung noch Anzapfungen, von denen über drei Schleifringe ein Niederfrequenz-Drehstrom von 2 A je Phase bei 135 V, 13,6 Hz entnommen werden kann, der mittels eines Synchronmotors von 0,25 kW das Reglerpendel der Turbine antreibt. Eingehende Versuche haben gezeigt, daß mit dieser Anordnung ein vollständiger Synchronismus zwischen Generator und Pendelantrieb während des Laufes erreicht wird, der auch bei plötzlichen und starken Drehzahländerungen erhalten bleibt. Jeder Generator hat auf beiden Seiten des Magnetrades aufgeschweißte Radiallüfter und ist mit einer Kreislaufkühlung versehen, die innerhalb der Ummantelung des Generators untergebracht ist. Das Kühlwasser für die Kreislaufkühlung

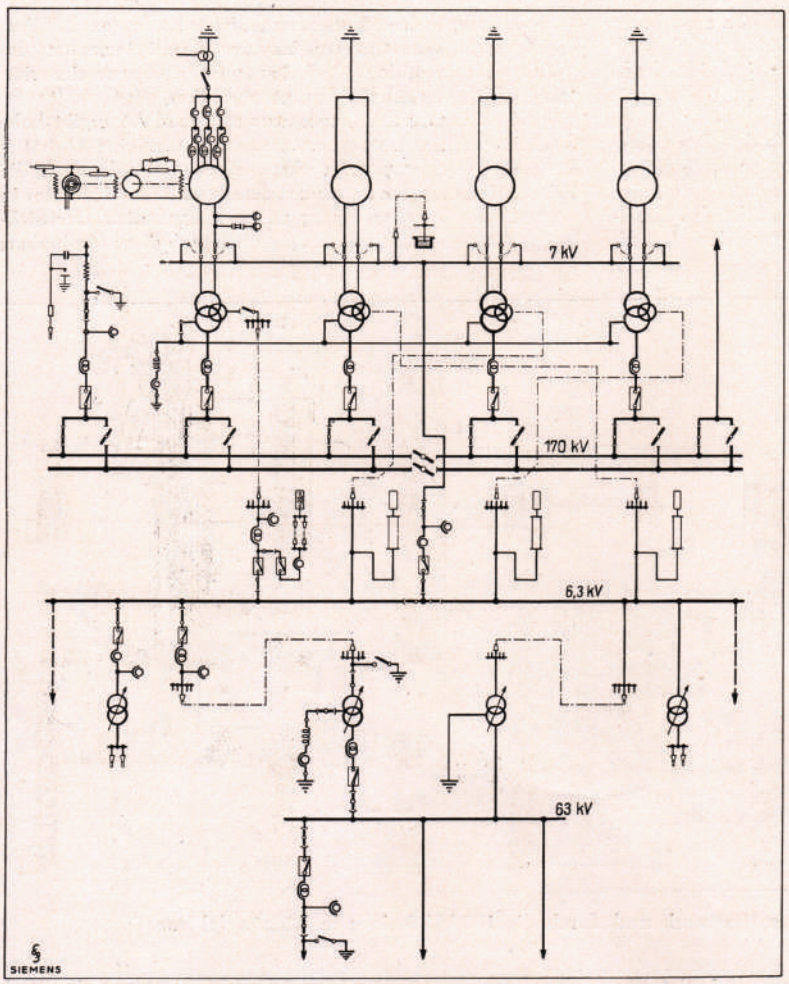
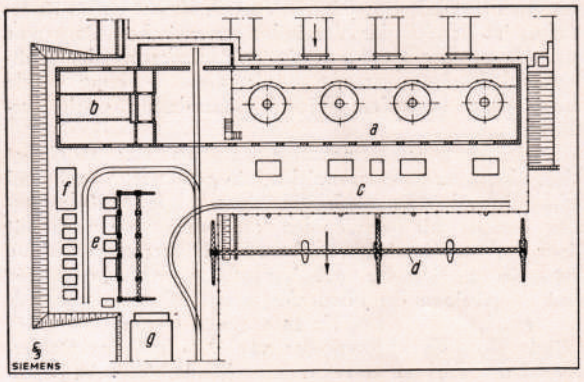


Bild 2. Hochspannungsschaltbild.

und für die Lager- und Ölkühlung wird dem Spiralgehäuse der zugehörigen Turbine entnommen. Für den Notfall kann die Kühlung auch an eine vorhandene besondere Kühlwasser-Ringleitung angeschlossen werden. Jeder Generator ist mit einem für alle Störfälle wirksamen Schutz ausgestattet (Überstrom, Überspannung, Überlast,



a = Maschinenhaus, *b* = Schalthaus, *c* = 170 kV-Plattform, *d* = 170 kV-Sammelschienengerüst, *e* = 63 kV-Anlage, *f* = Wasserwiderstand, *g* = Werkstatt.

Bild 3. Lageplan.

Wicklungs- und Windungskurzschluß sowie Ständer- und Läufer-Gestellschluß und Kohlensäure-Brandschutz); außerdem ist eine Schwingungsentregung vorgesehen. Die Spannung wird für jede Maschine selbsttätig durch einen Thoma-Regler geregelt, der die verlangte Spannungsreglung dadurch bewirkt, daß er den Regelwiderstand im Erregerstromkreis der Haupterregermaschine entsprechend einstellt. Da jedoch nicht an der Erzeuger-, sondern an der sehr weit entfernt liegenden Abnahmestelle konstante Spannung bei verschiedenen Belastungen verlangt wurde, werden die Regler so kompoundiert, daß die Spannung am Generator mit zunehmender Last, dem hierdurch auf der Leitung bewirkten Spannungsabfall entgegen, entsprechend gesteigert und bei abnehmender Last entsprechend vermindert wird.

Umspann- und Verteilanlage.

Die vier Generatoren von je 32 MVA arbeiten direkt auf Dreiwicklungsumspanner von 32/32/10 MVA bei einem Leerlaufübersetzungsverhältnis von 7/177/6,3 kV. Die Schaltung ist so vorgesehen (Bild 2), daß immer zwei Generatoren über eine Sammelschienenhälfte auf eine Freileitung arbeiten. Von der 6,3 kV-Seite der Umspanner wird eine ebenfalls geteilte Einfachsammelschiene gespeist, von der einerseits über zwei Regelumspanner von je 640 kVA der Strombedarf der Eigenbetriebe gedeckt wird. Andererseits soll über zwei Regelumspanner von je 10 MVA das zukünftige Landesnetz von Uruguay beliefert werden. Hierzu werden die 6,3 kV in einer 63 kV-Station, die in einem Hangausschnitt auf dem rechten Flußufer unterhalb des Kraftwerkes eingebaut ist (Bild 3), nochmals für die abgehenden Leitungen heraufgespannt.

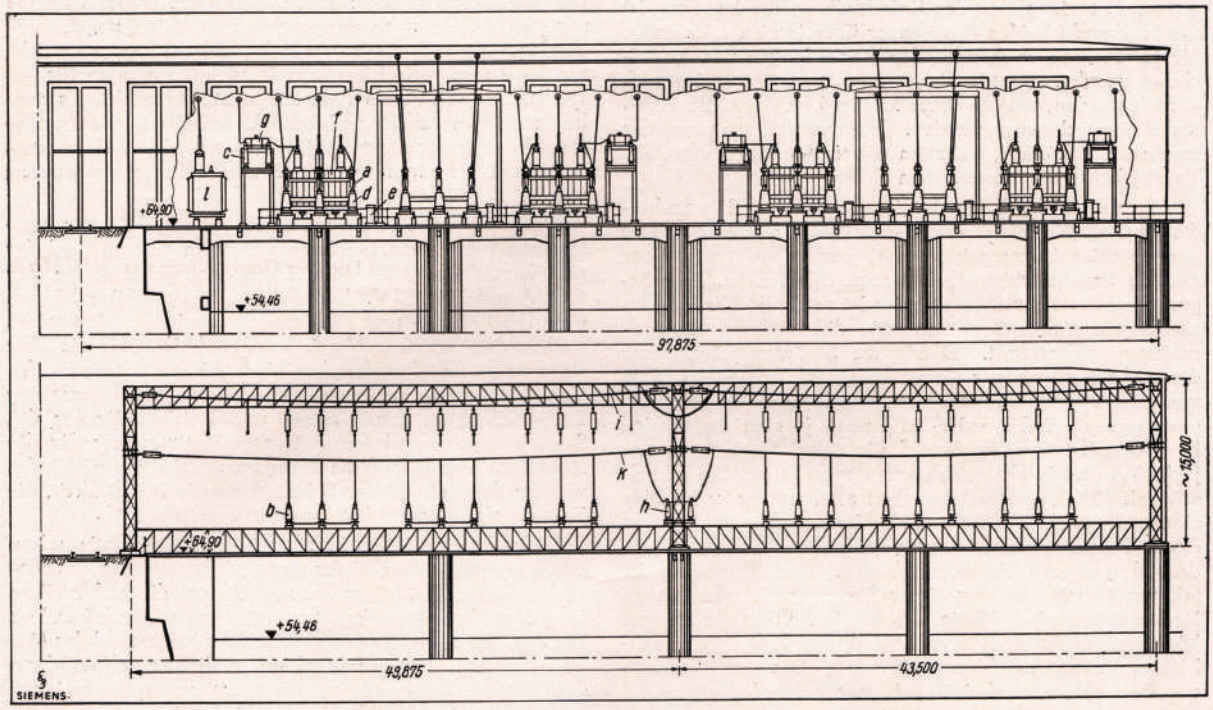
Die Ausschreibung verlangte, daß nicht nur diese 63 kV-Umspannstelle, sondern auch die 170 kV-Anlage mit ihren beiden Freileitungsabzweigungen auf dem rechten Flußufer ausgebaut werden soll. Hierdurch hätte sich ein beträchtlicher Aufwand an Kabelverbindungen für 7 kV ergeben, denn je Generator wäre die Verlegung von $3 \times 8 = 24$ Einphasenkabeln von je 300 mm² Kupferquerschnitt erforderlich geworden. Die Unterbringung dieser vielen Kabel hätte einen beträchtlichen Platz erfordert, der nur durch Aussprengungen zu erhalten war. Um diese Mehrarbeit und die hierfür sowie auch für die langen Kabel erforderlichen hohen Kosten zu vermeiden, wurde auf Vorschlag der SSW die 170 kV-Anlage unmittelbar hinter der unterwasserseitigen Krafthauswand über den Turbinenausläufen auf einer Plattform erstellt (Bild 4). Diese Anordnung hat neben der gedrängten Bauweise und den kurzen Verbindungen auch noch den Vorteil, daß Generator und Umspanner auch schutzmäßig eine günstige Einheit bilden und daher nur einen gemeinsamen Differentialschutz benötigen.

Die immerhin baulich nicht einfache Errichtung einer Plattform, die bis zu 15 m über dem Unterwasserspiegel liegt und dabei das Befahren mit Lasten bis zu 90 t zulassen muß, wurde von den beteiligten Baufirmen in einwandfreier Weise mit einem Mindestaufwand an Werkstoff gelöst.

Das geplante Landesnetz von 63 kV wird, da das Land im allgemeinen dünn besiedelt ist, sich erst allmählich entwickeln können. Sein Ausbau wurde daher zunächst zurückgestellt. Die 63 kV-Umspannstelle beim Werk Rincón wird jedoch planmäßig mit der Gesamtanlage zusammen erstellt, da ihr gleichzeitiger Ausbau wesentlich

billiger ist. Der gegenwärtige Energiebedarf beschränkt sich also fast ausschließlich auf die Hauptstadt Montevideo und ihre nähere Umgebung.

In die Anlage ist noch ein Wasserwiderstand von 32 MW für die bei der Abnahme durchzuführenden Belastungsproben eingebaut. Dieser Widerstand dient andererseits aber auch dazu, bei aussetzender Energieabnahme eine künstliche Belastung einzuschalten. Hierdurch wird erreicht, daß, obwohl ein Leerschuß fehlt, immer genügend gesamt 34 MVA. Um diese Ladeleistung abzugleichen, sind im Kraftwerk vier Ladeleistungsdrosseln von je 5 MVA und in der Unterstation Montevideo drei weitere gleicher Größe, zusammen 35 MVA, vorhanden. Hiermit kann ein vollständiger Ausgleich erzielt werden. Diese Drosseln sind jeweils vor dem Leistungsschalter des Abzweiges der 6,3 kV-Wicklung der großen Dreiwicklungsumspanner angeschlossen, so daß auch bei ausgelöstem Schalter der Ladeleistungsausgleich über den Umspanner erhalten



a = Expansionsschalter, *b* = Trennschalter, *c* = Trennschalter für Nullpunkt, *d* = Stromwandler, *e* = Betätigungsschrank, *f* = Dreiwicklungsumspanner, *g* = Ölkondensator, *h* = Längstrennschalter, *i* = Nullschiene, *k* = Sammelschiene, *l* = Nullpunktdrossel.

Bild 4. 170 kV-Plattform und das davorliegende 170 kV-Doppelsammelschienengerüst vom Unterwasser aus.

Wasser für die Wasserhaltung im Unterlauf des Flusses über die Turbine abgeführt werden kann. Diese zweite Aufgabe des Wasserwiderstandes führte außer zur Verlegung einer getrennten Wasserwiderstandschiene noch zu einer besonderen Verbindung dieser mit der 6,3 kV-Schiene. Die in die Verbindung zwischen Generator und Umspanner eingefügten Trennumschalter ermöglichen in einfacher Weise die erforderliche Umschaltung; hierbei arbeiten immer je zwei dieser durch Druckluft von der Warte aus betätigten Schalter (für jeden Wicklungszweig ein dreipoliger Schalter) parallel und werden gemeinsam gesteuert.

Für die Erdschlußlöschung ist auf der 170 kV-Seite eine Löschspule vorgesehen, die für den 140 A betragenden Erdschlußstrom einer Freileitung bemessen ist. Sie erhält Anzapfungen für die Angleichung an die tatsächlichen Verhältnisse. Mittels einer gemeinsamen Nullschiene wird sie über entsprechende Trennschalter an die 177 kV-Sternpunkte der jeweils in Frage kommenden großen Dreiwicklungsumspanner angeschlossen. Eine weitere, in der Unterstation Montivedeo zur Aufstellung gelangende, gleich große Spule ermöglicht die Löschung des Erdschlußstromes der anderen Freileitung. Solange ein Erdschlußstrom über die Löschspule fließt, wird durch eine Verriegelung ein Öffnen der zugehörigen Trennschalter verhindert.

Bei der etwa 250 km langen Doppelleitung, die das Kraftwerk in Rincón mit der im Verbraucherschwerpunkt liegenden Unterstation Montevideo verbindet, ergibt sich je Leitung eine kapazitive Ladeleistung von rund 17 MVA; das sind für beide Leitungen also insbleibt. Auch bei etwaiger Abtrennung eines Generators kann die zugehörige Drosselspule noch über den Dreiwicklungsumspanner in Betrieb bleiben. Dies ist insofern erwünscht, als auch mit Rücksicht auf die Spannungshaltung bei abnehmender Belastung ein Ausgleich der Ladeleistung der Freileitung sich günstig auswirkt. Da bei der Länge der Leitung die zu übertragende Leistung an die natürliche Leistung der Freileitung herankommt, muß bei Leerlauf z. B. die Ladeleistung vollständig abgeglichen werden, damit überhaupt am Ende der Übertragung in Montevideo die verlangte Spannung von 150 kV gehalten werden kann. Auch beim Hochfahren einer Freileitung mit nur einer Maschine ergibt sich insofern eine Erleichterung, als von der rd. 17 MVA betragenden Ladeleistung der Freileitung durch die Drossel 5 MVA abgeglichen werden und vom Generator daher nur noch 12 MVA aufgebracht werden müssen. Eine selbsttätige Schaltung der Ladeleistungsdrosseln ist mit Rücksicht auf eine möglichste Vereinfachung des Betriebes und Verbilligung der Anlagekosten nicht vorgesehen worden.

Der Zusammenschluß aller zur Verfügung stehenden Leistungen des Wasserkraftwerks Rincón einerseits und die der Dampfkraftwerke Montevideo andererseits, deren Parallelbetrieb ja wegen der gegebenen Betriebsverhältnisse notwendig ist, würde das Auftreten erheblicher Kurzschlußströme zur Folge haben. Mit Rücksicht auf die Begrenzung derselben auf ein erträgliches Maß wurde daher durchweg eine Längsauftrennung aller Sammelschienen vorgesehen. Dabei besteht natürlich die Möglichkeit, über die Sammelschienenlängstrenner notfalls auch eine Ver-

bindung der beiden Hälften herzustellen, die jedoch grundsätzlich getrennt betrieben werden. Die Kurzschlußleistung an jeder der 6,3 kV-Sammelschienenhälften wird durch diese Maßnahme nicht größer als 280 MVA und der Kurzschlußstrom nicht höher als 50 kA.

An jede der Hälften der 6,3 kV-Sammelschiene ist ein 10 MVA-Regelumspanner angeschlossen. Diese beiden Umspanner arbeiten auf eine 63 kV-Sammelschiene, von der die drei Abzweige des später auszubauenden Landesnetzes abgehen. Zur Löschung des Erdschlußstromes desselben ist der Nullpunkt beider Umspanner über je eine Löschspule für je 75 A mit entsprechenden Anzapfungen zur Angleichung geerdet. Da sämtliche Umspanner im Freien aufgestellt werden, müssen diese an die 6,3 kV-Schiene durch Kabel angeschlossen werden. Um letztere spannungslos machen zu können, erhalten sie in der Freiluftanlage Trennschalter mit angebautem Erder.

Von der 6,3 kV-Sammelschiene wird der Eigenbedarf des Kraftwerks über zwei Regelumspanner von je 640 kVA gespeist, wobei jeweils ein Umspanner an eine Sammelschienenhälfte angeschlossen ist. Zur Begrenzung des Kurzschlußstromes ist auch die Niederspannungssammelschiene ebenso wie die anderen Sammelschienen aufgetrennt. Damit die Stoßkurzschlußströme den für die Bemessung dieses Anlageteils zulässigen Wert von 11 kA nicht überschreiten, wurde den Eigenbedarfsumspannern an der 380 V-Seite noch je eine dreiphasige Kurzschlußbegrenzungsdrossel für einen Nennstrom von je 1000 A und je 10 % Reaktanz vorgeschaltet. Ein Dieselsatz mit 1200 kVA Leistung dient als Reserve; er ist über eine im Zuge der 380 V-Sammelschiene, und zwar zwischen deren beiden Hälften liegende dreiphasige Kurzschlußdrossel von 1500 A angeschlossen. Der Dieselsatz ist mit der Mittelanzapfung dieser Drossel verbunden, deren Reaktanz nach jeder Seite 5 % beträgt. Über die Drossel können notfalls auch noch die beiden Sammelschienenhälften zusammengeschlossen werden, ohne daß hierdurch die Kurzschlußsicherheit der Anlage gefährdet wird.

Für die Wahl des Übersetzungsverhältnisses der vier großen Dreiwicklungsumspanner war maßgebend, daß eine konstante Spannung von 150 kV an der Übergabestelle in Montevideo bei allen Belastungen bis zum Leerlauf gefordert wurde. Bei der je Leitung zu übertragenden höchsten Leistung von 58 MVA, die nach der Ausschreibung an den Sammelschienen der erwähnten Übergabestelle bei cos $\varphi = 1$ entnommen werden soll, ergibt sich für das Kraftwerk Rincón eine Spannung von 165 kV. Die andererseits zu berücksichtigende Möglichkeit der Entnahme dieser 58 MVA bei einem cos $\varphi = 0{,}925$ erfordert, wegen der Notwendigkeit der Übertragung der hierbei auftretenden beträchtlichen Blindlast (rd. 22 MVA) über die 250 km lange Freileitung, eine wesentlich höhere Spannung, nämlich 185,6 kV. Für beide Fälle gilt hierbei als Bedingung für den Betrieb, daß die Energie allein vom Wasserkraftwerk in Rincón geliefert wird. Wird jedoch von letzterem nur die Wirkleistung, die Blindleistung dagegen durch das parallelarbeitende Dampfkraftwerk in Montevideo erzeugt, so ergibt sich bei dieser Betriebsbedingung für die vorgenannten beiden Fälle die Spannung in Rincón del Bonete zu 161,7 kV.

Da die Generatoren des Kraftwerkes Rincón del Bonete für 7 kV Nennspannung ausgelegt sind, wurde das Leerlaufübersetzungsverhältnis der zugehörigen Dreiwicklungsumspanner zu 7/177/6,3 kV gewählt. Bei 7 kV + 5 % = 7,35 kV höchster Generatorspannung wird hierbei gerade die erforderliche größte mit 185,6 kV errechnete Spannung erreicht. Die volle Leistung kann von den Generatoren bis zu einer unteren Spannungsgrenze von 6,4 kV abgegeben werden, so daß bei gleichem Übersetzungsverhältnis auch der zu 161,7 kV errechnete Spannungswert der letztgenannten Betriebsbedingung erreichbar ist.

Bei Leerlauf bewirkt die Kapazität der Freileitung, wenn die Spannung in Montevideo konstant auf 150 kV gehalten wird, ein Zurückgehen der Spannung im Kraftwerk Rincón auf 140 kV. Da jedoch dann die Ausgleichdrosseln für die Ladeleistung, die an der 6,3 kV-Wicklung der Dreiwicklungsumspanner angeschlossen sind, zur Herabsetzung der Blindstrombelastung der Generatoren voll eingesetzt werden, macht sich ihr Einfluß auch auf die Spannungshaltung allerdings nicht in dem erforderlichen Ausmaß geltend. Es muß also die Generatorspannung in Rincón noch entsprechend heruntergeregelt werden, was ohne Last mit dem vorgesehenen Regler erreicht werden kann. Wie hieraus ersichtlich, kann man für die Umspanner mit einem festen Übersetzungsverhältnis auskommen, ohne eine verwickelte Umschaltung auf Anzapfungen vornehmen zu müssen, was die Anlage entsprechend verteuern und die Betriebsführung erschweren würde.

Das Schalthaus mit der Warte liegt in Verlängerung des Maschinenhauses auf dem rechten Flußufer und bietet Raum für die Eigenbedarfsschaltanlage für 6,3 kV und 380/220 V. Dadurch werden unnötige Längen für Meß-, Steuer- und Meldekabel vermieden. Außerdem sind in dem Wartengebäude noch zahlreiche für die Verwaltung des Kraftwerkes benötigte Räume untergebracht. Vom Staudamm her besteht die Möglichkeit, über eine Dienstbrücke in den Warten- und Betriebsleiterflur des Schalthauses zu gelangen. Der Bedienungsgang für die Relaistafel wurde auf die Unterwasserseite des Gebäudes verlegt; dadurch hat der Schaltwärter die Möglichkeit, die Freiluftanlagen von dort aus zu übersehen.

Die 170 kV-Freiluftanlage liegt, wie schon erwähnt, unmittelbar hinter der Unterwasserseite des Maschinenhauses auf einer Betonplattform, die auf Pfeilern über dem Unterwasserkanal errichtet ist (vgl. Bild 3 und 4). Ein etwa 5,5 m breiter Gang zwischen Außenwand des Maschinenhauses und der Schaltanlage dient zum Verfahren des Dammbalkenkrans, mit dem die unterwasserseitigen Verschlüsse in die Turbinenausläufe eingesetzt werden können. Hierdurch wurde die Überführung der blanken Verbindungsschienen zwischen jedem Generator und seinem entsprechenden Umspanner auf einer besonderen Profileisenbrücke mit genügender Breite und Höhe für die Durchfahrt dieses Hebezeuges erforderlich. Um bei Schwingungen und bei Längenänderungen der als Flachkupferschienen ausgeführten Verbindungen Zugbeanspruchungen von den Anschlüssen (Durchführungen usw.) fernzuhalten, wurden biegsame Verbindungsstücke in die Kupferschienen eingefügt.

Die Fundamente für die Umspanner, Leistungsschalter und Meßwandler sind einheitlich mit 800 mm Höhe über Schienenoberkante ausgeführt. Der für die Beförderung aller Teile innerhalb der Anlage vorgesehene Plattformwagen erhält die gleiche Höhe. Leistungsschalter und Meßwandler erhalten gemeinsame Fahrschienen. Für die Umspanner sind besondere Fahrschienen vorgesehen, die jeweils zwischen denen der Schalter der mittleren und äußeren Phasen liegen. Jeder Abzweig ist durch ein Schutzgeländer von 1,5 m Höhe gegen zufällige Berührung spannungführender Teile abgeschlossen.

Hinter dieser Betonplattform ist auf weiteren vier Pfeilern im Unterwasserkanal eine Brücke, die an der Ufermauer des rechten Flußufers beginnt, für die Aufstellung der Trennschalter vorgesehen (s. Bild 4). Drei Gittermaste mit Auslegern, von denen zwei auf den Pfeilern der Trennschalterbrücke stehen, während der dritte auf der Böschungsmauer des rechten Flußufers aufgestellt wird, dienen zur Abspannung der 170 kV-Doppelsammelschienen und der an einem besonderen Ausleger aufgehängten Nullschiene. Für die Abspannung der Verbindungen zwischen den Trennschaltern und den Leistungsschaltern ist über die drei Sammelschienen-Abspannmaste ein

über 43 bzw. 49 m freitragender, begehbarer Gitterquerträger gelegt. Am anderen Ende sind diese Verbindungen direkt an der Außenwand des Maschinenhauses abgespannt. Unmittelbar unter der Kante des Dachgesimses sind auch die abgehenden beiden Freileitungen abgespannt. Durch den begehbaren Gitterquerträger werden der Einbau der Abspann- und Hängeketten für die Zuleitungen zu den Leistungsschaltern und ihre möglicherweise später erforderliche Auswechslung sowie Wartung wesentlich erleichtert.

Den Zugang zu der gleichfalls begehbaren Trennschalterbrücke von der 170 kV-Plattform aus nach dem Mittelpfeiler vermittelt ein Steg, der sich noch über die Trennschalterbrücke hinaus in einem auskragenden Arm fortsetzt. Auf diesem Steg und dem anschließenden Kragarm werden die Trennschalter für die Sammelschienen-Längstrennung aufgestellt.

Für die Erdung des Nullpunktes über die 170 kV-Löschdrossel wird auf der einen Seite eines jeden der Dreiwicklungsumspanner, und zwar auf dem gleichen Gerüst seines getrennt aufgestellten Ölkonservators ein einpoliger Trennschalter vorgesehen, während die andere Seite noch genügend Platz bietet, um die Ölkühler unterzubringen.

Am ersten Abspannmast der Freileitung, der bereits auf dem rechten Flußufer steht, sind die Geräte für eine Hochfrequenz-Fernsprecheinrichtung mit der Unterstation in Montevideo sowie die dazugehörigen Überspannungsableiter untergebracht. Von hier führt ein Hochfrequenzkabel zum Fernsprechgerät in der Schaltwarte.

Für die Betätigung der Trenn- und Leistungsschalter wurde Druckluftantrieb gewählt. Die elektromagnetischen Steuerventile für die Leistungs- und Freileitungstrennschalter stehen neben den Expansionsschaltern eines jeden Abzweiges, während für die Ventilkästen der restlichen Trennschalter Platz auf der Trennschalterbrücke vorhanden ist. Die Drucklufterzeuger für die Betätigung der 170 kV-Geräte stehen auf der Plattform, die aller übrigen Anlagen im Maschinenhauskeller. Wenn ein Drucklufterzeuger ausfällt, kann der betreffende Windkessel durch ein fahrbares Gerät mit Antrieb durch Benzinmotor versorgt werden.

Die Meß-, Steuer- und Meldeleitungen werden grundsätzlich in den Ventilschränken an Reihenklemmen zusammengefaßt und von da in mehradrigen Hilfskabeln nach der Warte geführt. Der erforderliche Kabelkanal liegt unter den Ventil- und Klemmenschränken und erhält im Abstand von 5···6 m abdeckbare Einsteigöffnungen. Die Hauptdruckluftleitung für die Betätigung der Schalter sowie die Zuführungsleitungen zu den Steuerschränken werden gleichfalls in diesen Kabelkanal verlegt. Für die Betätigung der Trennschalter ist eine Verlegung der Druckluftleitungen in der Trennschalterbrücke vorgesehen.

Für die 63 kV-Anlage wurde durch Aushub einer entsprechenden Fläche hinter dem Schalthaus am rechten Flußufer Platz geschaffen (s. Bild 3, e). Diese Anlage erhält durch die Anordnung der Doppelsammelschienenträger, die zunächst nur mit einem dreiphasigen Sammelschienensystem belegt werden, an einer der Längsseiten einen klaren, übersichtlichen Aufbau. Die in Gitterkonstruktion ausgeführten Trag- und Abspannmaste sind so bemessen, daß sie sowohl die Sammelschienen als auch die Freileitungstrennschalter aufnehmen können. Vor den Trennschaltern wurde ein Überwachungsgang vorgesehen. Die Leistungsschalter und zugehörigen Strom- und Spannungswandler werden auf einem Eisengerüst von rd. 2,2 m Höhe aufgebaut, so daß sie zufälliger Berührung entzogen sind. Im Gerüst für die Leistungsschalter wird unterhalb derselben der Betätigungsschrank aufgebaut, der die Steuerorgane für die Trennschalter und den Leistungsschalter eines Abzweigers aufnimmt. Die Meß- und Steuerkabel erhalten einen besonderen Kanal, neben dem die Hauptdruckluftleitung verlegt werden soll. An der Unterspannungseite der Umspanner ist ein Gerüst zur Aufnahme der Kabeltrennschalter und der Endverschlüsse erforderlich, in das auch die Steuerventilkästen für die Trennschalter eingebaut werden sollen. Neben diesen Gerüsten werden die Kühlanlagen der 10 MVA-Regelumspanner, bestehend aus Röhrenkühlern und Ölumlaufpumpen, aufgestellt; in der Reihe dieser Umspanner stehen auch die Erdschlußspulen. Auch hier liegen die Abzweige für die abgehenden Freileitungen jeweils zwischen zwei Umspannerabzweigen. Der Überspannungsschutz für die 63 kV-Freileitungen (Kathodenfallableiter) soll, ebenso wie bei den 170 kV-Freileitungen, jedoch erst später, wenn der Ausbau des Landesnetzes verwirklicht wird, jeweils am ersten Abspannmast untergebracht werden.

Der Anschluß der zwei 10 MVA-Regelumspanner, der beiden Eigenbedarfumspanner und der vier Ladeleistungsdrosseln an ihre Abzweige in der 6,3 kV-Anlage im Schalthaus geschieht mittels Kabel. Obwohl wegen der hierdurch auf verhältnismäßig begrenztem Raum bedingten Anhäufung von Kabeln und unter Berücksichtigung einer möglichst einfachen Betriebsführung eine Verlegung derselben in Erde (etwa 80 cm unter Erdoberfläche liegende Kabelstraße) vorgesehen war, wurde dies auf besonderen Wunsch des Kunden geändert. Es ist daher für die Aufnahme aller dieser Kabel ein besonderer in seinem ersten Teil begehbarer Kabelkanal mit Aufhängung derselben an sogenannten Kabelpritschen geschaffen worden.

Um möglichst wenig Kabelarten zu erhalten und damit eine geringere Lagerhaltung für die Hilfskabel zu ermöglichen, wurden zur Betätigung der Geräte die Steuer- und Meldeleitungen mit einem Querschnitt von 2,5 mm² in Kabeln von 4, 8, 12 oder 16 Adern zusammengefaßt. Für die Spannungsmessung wurden Querschnitte von 4···6 mm² vorgesehen, während für die Strommeßleitungen 6···10 mm² Querschnitt je nach der Entfernung mit Rücksicht auf den Spannungsabfall gewählt wurde. Jede der beiden Freiluftanlagen erhält für die Verlegung dieser Meß-, Melde- und Steuerkabel einen eigenen Kabelkanal, der es ermöglicht, die Kabel bei Prüfungen oder Instandsetzungen leicht zu erreichen. Die Kanäle führen unterhalb des Haupteingangs in das Schalthaus und sind durch Betonplatten abgedeckt. Im Schalthaus werden die Kabel an der Decke des Kellergeschosses auf Pritschen zum Kabelschacht geführt. Der Kabelschacht, der nach dem Kabelboden unter der Warte aufsteigt und an der Treppenhausseite des Gebäudes liegt, erhält in beiden Zwischengeschossen Zugangstüren. Die Kabel werden an Flacheisen angeschellt, die in Abständen von 800···1000 mm angebracht sind; sie werden im Kabelboden auf besonderen Gerüsten geordnet und auf die entsprechenden Schalttafeln verteilt. Ein plattformähnlicher Vorbau innerhalb des Kabelschachtes erleichtert das Einbringen der Kabel.

Sämtliche Hochspannungskabel, die im Schalthaus enden, erhalten dort grundsätzlich die bekannten Wickelendverschlüsse ohne Vergußmasse, da diese am besten dem bei dem Entwurf der Schaltanlage durchgeführten Grundsatz entsprechen, nach dem möglichst wenig Öl oder Masse als Isolierstoff verwendet werden soll. Die Feuersicherheit der Anlage im Schalthaus wird hierdurch nicht unwesentlich erhöht. Die im Freien liegenden Kabelenden werden zum Teil mit kittlosen Freiluftendverschlüssen, wie z. B. die 7 kV-Einleiterkabel, oder gewöhnlichen Masseendverschlüssen, wie die übrigen Dreileiterkabel, versehen.

Abgesehen davon, daß in vorstehenden Ausführungen wegen der notwendigen Begrenzung des für diesen Aufsatz zur Verfügung stehenden Raumes auf manche Einzelheiten nicht eingegangen werden konnte, soll der gesamte Niederspannungsteil einer späteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben.

Feuermeldeanlagen nach neuen Grundsätzen

Von Dr.-Ing. habil. Hermann Bocker, Siemens & Halske AG, Wernerwerk für Telegrafengerät.

Aus wirtschaftlichen und technischen Gründen ist man überall in der Technik bemüht, Anlagen und Einrichtungen unter Verwendung gleicher Einzelteile und Baueinheiten zu erstellen. Bahnbrechend im Fernmeldewesen ist in dieser Hinsicht die Fernsprechtechnik vorgegangen, denn Fernsprechvermittlungen nach dem Wählersystem werden in allen Größen bis auf wenige Ausnahmen aus nur wenigen Wähler- und Relais-Bauformen gebaut. Die Befolgung des erwähnten Grundsatzes, für den sich die Bezeichnung „Baukastensystem" eingeführt hat, ermöglicht es gleich günstig, sowohl die üblichen Ansprüche zu erfüllen als auch Anlagen besonderer Leistung und Größe auszuführen. In der Praxis stellt sich die Durchführung so dar, daß die Einzelteile und Baueinheiten in größeren Stückzahlen auf Vorrat gefertigt und je nach Bedarf zu Anlagen zusammengebaut werden. Die unter diesen Voraussetzungen durchführbare Reihenfertigung hat bekanntlich zahlreiche Vorteile. Sie macht den Einsatz umfangreicher technischer und wirtschaftlicher Entwicklungsarbeit lohnend, ermöglicht die Benutzung von Spezialmaschinen und Spezialvorrichtungen und vereinfacht die Lagerhaltung. Diese Maßnahmen wirken sich auf die Zuverlässigkeit und gleichmäßige Güte der Bauteile aus. Bei der Prüfung und im Betrieb erweisen sich die Baueinheiten als zweckmäßig, da sie in ihrer Arbeitsweise leichter zu übersehen sind als die ganze Anlage, und weil Fehler daher schneller eingegrenzt werden können. Wenn die Baueinheiten dazu auch noch schnell ausgewechselt werden können, ist der höchste Grad von Zweckmäßigkeit erreicht.

Beim Bau von Feuermeldeanlagen konnte man sich zur Durchführung des Baukastensystems lange Zeit nicht entschließen, weil gerade bei Feuermeldeanlagen die verschiedensten Größen und Ausführungen verlangt werden. Man behielt darum bis in die jüngste Zeit hinein die frühere Bauweise und Ausführungsart bei, die schon rein äußerlich durch die auf Marmortafeln oder in Schaltpulten zusammengebauten Einzelteile gekennzeichnet sind und sich in Tausenden von Ausführungen bewährt haben. Erst die neuerliche gründliche Durcharbeitung des ganzen Gebietes bei Siemens & Halske ließ es aussichtsreich erscheinen, auch den Aufbau von Feuermelde- und anderen Sicherheitsanlagen von Grund auf neuzugestalten und sie aus Baueinheiten zu erstellen. In welcher Weise das gelungen ist, soll durch die Behandlung des neuen Siemens-Typendruck-Schleifen-Systems erläutert werden.

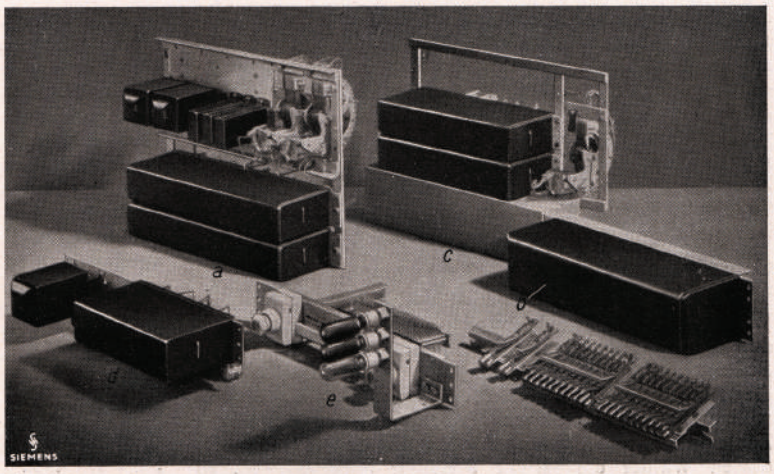
Im allgemeinen werden in einer Feuermeldeanlage je etwa 30 bis 40 Melder zusammengefaßt und in einer Schleifenleitung hintereinandergeschaltet. Die Melder enthalten Uhrwerke, die ständig aufgezogen sind und bei der Meldungsabgabe ausgelöst werden. Beim Ablauf der Melderlaufwerke wird dann ein Schaltersatz so gesteuert, daß unterschiedliche Meldungen entstehen, aus denen der Standort der Melder hervorgeht.

Einfache Anlagen können nur mit einer Lichtanzeige der Meldestellen oder nur mit Registrierung der Meldestellennummer ausgeführt werden. Bei anderen wird wieder beides verlangt. Ist die Zahl der Meldestellen groß, so wird die Anlage unterteilt. Gegebenenfalls werden, da die Löschkräfte ebenfalls verteilt angeordnet sind, mehrere Empfangsstellen nötig, zwischen denen die Meldungen übertragen werden müssen. Zur besseren Ausnutzung des Leitungsnetzes, in dem die Meldestellen liegen, wird dieses bei manchen Anlagen noch zur Übermittlung von Wächterkontrollmeldungen benutzt, die in der Empfangstelle immer durch Meldernummer und Zeitangabe registriert werden. Der Wächterteil kann schließlich durch Zusatzeinrichtungen ergänzt werden, die einzeln oder in beliebigen Zusammenstellungen dem erhöhten Schutz der Wächter bzw. Sachwerte dienen. Bei der Entwicklung der Schaltungen muß ferner berücksichtigt werden, daß für die Anlagen mit unterschiedlichen Leistungen und Größen möglichst nur einige wenige aber allgemein anwendbare konstruktive Bauformen geschaffen zu werden brauchen. Alle diese vielseitigen und teilweise sich widersprechenden Anforderungen und Bedingungen konnten bei der Entwicklung des STS-Systems durch Anwendung der Baueinheitenaufteilung und Schaffung neuer Konstruktionen berücksichtigt und erfüllt werden.

Die immer auftretenden Grundforderungen, denen eine Anlage genügen muß, werden durch den sogenannten Grundausbau der Anlage erfüllt. Entsprechend den angedeuteten verschiedenen Grundforderungen ergeben sich auch mehrere Grundausbauten. Die Grundausbauten setzen sich aus den Baueinheiten zusammen, die zur Erfüllung von Teilforderungen dienen. Zusätzliche Betriebsforderungen werden durch eine oder mehrere zusätzliche Baueinheiten erfüllt, die aber hinsichtlich ihres Zusammenbaus und der Zusammenschaltung mit dem Grundausbau wiederum als eine geschlossene Einheit anzusehen sind.

Zunächst sollen die einzelnen Baueinheiten der Grundausbauten kurz beschrieben werden. Die Haupteinheit bildet die Meldungsempfangseinrichtung (Bild 1, a), die in einen Rahmen eingebaut alle elektrischen Bauteile für die Aufnahme der Feuer- und Wächterkontrollmeldungen aus einer Leitungsschleife mit 40 Meldestellen enthält. Die Schleifenrelais arbeiten in der bekannten für Sicherheitsanlagen vorgeschriebenen Morsesicherheitsschaltung, durch die gewährleistet ist, daß zwei Meldungen gleichzeitig aufgenommen werden können. Während Feuermeldungen aus impulsmäßigen Stromunterbrechungen bestehen, werden für Wächterkontrollmeldungen und den Anruf von Meldestellen Stromschwächungen erzeugt. Hierdurch wird sichergestellt, daß Feuermeldungen durch die anderen Vorgänge nicht gestört werden können. Die in dem Stromkreis der Schleifenleitung liegenden Relais sind leicht auswechselbar (Steckeranschlüsse bzw. Grundplatten mit Messeranschlußleisten), so daß in einfacher Weise eine schnelle Anpassung an veränderte Schleifenleitungsverhältnisse z. B. bei Erweiterungen möglich ist. Als Aufnahmeglieder dienen zwei Drehwähler mit je 52 Ausgängen, die beim Einlauf der Impulse entsprechend eingestellt werden. Von diesen Wählern wird die Meldestellennummer nur, nachdem die Meldung vollständig aufgenommen ist, durch Anzeigeeinrichtungen abgegriffen. Teilmeldungen, die z. B. bei Leitungsfehlern oder mehreren kurz nacheinander ausgelösten Meldern vorkommen können, werden also nicht an die Anzeigeeinrichtungen weitergegeben. Bei einem Schleifenleitungsbruch, d. h. einer länger dauernden Stromunterbrechung, wird in der Meldungsempfangseinrichtung selbsttätig der hierfür erforderliche Schaltzustand hergestellt. An zwei Klemmen können Meldestromkreise angeschlossen werden; der erste ist für ein etwa 15 Sekunden dauerndes akustisches, der zweite für ein optisches Zeichen vorgesehen, das für die Dauer der Störung eingeschaltet wird. Die Erdschlußüberwachung der Leitungsschleife hat entsprechende Ausgänge. Anrufe von den Meldestellen dagegen werden gespeichert, d. h. die beiden Stromkreise für das akustische und optische Zeichen bleiben bis zur Beantwortung geschlossen. Außer für die Aufnahme von aus Stromunterbrechungen bestehenden Feuermeldungen ist die Baueinheit noch für die Aufnahme von impulsmäßigen Schleifenleitungserdungen eingerichtet. (Diese entstehen, wenn die Zuleitungen eines Feuermelders kurzgeschlossen sind.) Hierfür werden die Aufnahmerelais und die Schleifen-

batterie selbsttätig umgeschaltet; 30 Sekunden nach Aufnahme der letzten Meldung wird die Umschaltung wieder rückgängig gemacht. Wenn die Meldungsempfangseinrichtung mit zur Aufnahme von Wächtermeldungen benutzt wird, so kann eine besondere Sperrschleife angeschlossen werden, die immer eingeschaltet wird, wenn keine Aufnahmebereitschaft vorhanden ist, sei es, daß eine Wächtermeldung oder eine Feuermeldung einläuft oder eine Störung der Schleifenleitung vorliegt. In diesem Falle werden in den Wächterkontrollmeldern Sperrmagnete betätigt, die eine Meldungsabgabe verhindern. Die Sperrung der Wächterkontrollmelder ist wichtig, wenn mehrere Wächter gleichzeitig ihren Dienst im Bereich derselben Schleife versehen, um eine gegenseitige Verstümmelung der Wächterkontrollmeldungen zu verhindern.



a = Meldungsempfangseinrichtung, *b* = Relaisspeicher, *c* = Zahlengeber, *d* = Signalschiene, *e* = Apparateschiene, *f* = Sicherungsschiene.

Bild 1. Verschiedene Baueinheiten

Die Feuermeldungen werden durch Leuchtfelder mit den Nummern der entsprechenden Meldestellen angezeigt. Für das Einschalten ist je Leuchtfeld, d. h. je Meldestelle, ein Relais erforderlich, das beim Meldungseingang über den Ausgang, auf den der Wähler eingestellt wurde, angeworfen wird und sich bis zur Abstellung durch die Bedienung hält. 20 derartige Relais sind als Baueinheit in einem Relaisspeicher vereinigt (Bild 1, b).

Zum Aufschreiben der Meldestellennummer wird ein Typendrucker benutzt, der ein Typenrad mit Einerziffern und eines mit Zehnerziffern hat. Diese werden wie Wählerarme schrittweise elektromagnetisch fortgeschaltet, d. h. gedreht. Durch einen Druckmagneten wird nach der Einstellung ein Papierstreifen mit einem Kohlepapier gegen die Typenräder gedrückt und damit die eingestellten Ziffern wiedergegeben. Mit einem vierten Magneten kann das Registrier- und Kohlepapier vorgeschoben werden. Ergänzt wird der Typendrucker durch ein nach Art einer Nebenuhr angetriebenes Zeit- und Kalendertypenwerk, dessen jeweilige Einstellung bei jeder Meldungsregistrierung mit abgedruckt wird.

Wegen der größeren Massen ist die Einstellgeschwindigkeit der Typenräder kleiner als die der Aufnahmewähler. Andererseits ist es aber wichtig, daß die Meldungen so kurz wie möglich sind, damit die Belegungszeit der Schleifenleitung klein ist. Da ferner für den Meldungsabdruck und den Papiervorschub Zeit gebraucht wird, ist nicht eine mit der Meldungsaufnahme gleichzeitige, sondern eine nachträgliche Registrierung gewählt worden. Hierfür wird ein Zahlengeber benötigt, der wiederum als Baueinheit ausgebildet ist.

Die Zahlengeberbaueinheit (Bild 1, c) enthält neben Relais hauptsächlich einen Abgreif- und Steuerwähler. Nach dem Anlassen wird der Abgreifwähler parallel mit dem Einerrad durch einen Relaisunterbrecher fortgeschaltet. Bei jedem zehnten Schritt erhält der Magnet des Zehnerrades über einen Wählerarm des Steuerwählers einen Stromstoß. Mit einem zweiten Wählerkontaktarm wird eine von außen bestimmte Stellung festgehalten, indem ein Prüfrelais anspricht und sich hält. Hierdurch wird die Typenräderfortschaltung unterbrochen, so daß diese eine der von außen bestimmten Stellung der Aufnahmewähler entsprechende Lage einnehmen bzw. Nummer bilden. Der Wähler im Zahlengeber läuft jetzt als Steuerwähler weiter und schaltet auf dem 43. Schritt den Druck- und auf dem 45. Schritt den Papiervorschubmagneten kurzzeitig ein. Diese Vorgänge sind bei der Registrierung einer Wächterkontroll- oder einer Feuermeldung gleich. Durch drei Bestimmungsrelais, die von außen angeworfen werden, wird im Zahlengeber festgelegt, ob es sich um die Registrierung einer Wächterkontrollmeldung oder einer bzw. zweier Feuermeldungen handelt. Hiervon abhängig spielen sich noch folgende Vorgänge ab. Ein Typenrad, das die Unterscheidungsbuchstaben W und F trägt, wird während des Wählerlaufs um einen oder zwei Schritte fortgeschaltet. Bei einer Wächtermeldung läuft der Steuerwähler in seine Ruhestellung, wobei der Papiervorschubmagnet des Typendruckers erregt wird und dort zum Stillstand kommt; dabei werden alle Relais wieder stromlos. Bei einer Feuermeldung macht der Steuerwähler nach dem Meldungsdruck einen zweiten vollständigen Umlauf. Hierbei erhält der Papiervorschubmagnet des Typendruckers parallel mit dem Wählermagnet eine Reihe von Stromstößen, damit der letzte Abdruck in einem Ablesefenster erscheint.

Als letzte Baueinheit, die für die Grundausbauten von Feuer- und Wächterkontrollanlagen benötigt wird, ist die Signalschiene zu erwähnen (Bild 1, d). Sie enthält Sicherungs- und Wählerspulenüberwachungsrelais sowie zusammenfassende Relais für akustische Störungs- und Alarmsignale. Hierin können ferner Hilfsrelais für besondere Signalartforderungen untergebracht werden.

Sämtliche für eine Schleifenleitung erforderlichen Bedienungs- und Überwachungsteile werden in einem Bedienungsfeld vereinigt. Im einzelnen können dies sein 40 Leuchtfelder zur Meldestellenanzeige, je ein Leuchtfeld, um zu melden: „Drahtbruch, Erdschluß, kurzgeschlossener Melder, Anruf, Feuer, Sicherung gestört, Alarm abgeschaltet"; dazu gehören ferner: ein Schalter zum Abschalten der Alarmwecker, ein Schalter zum Löschen der Meldestellenleuchtfelder, ein Schalter für das Messen von Erdschlüssen auf der Schleifenleitung, ein Schalter für einen beliebigen Papiervorschub im Typendrucker, Meßinstrumente für Schleifenruhestrom und Erdschlußströme sowie die für Zusatzeinrichtungen gegebenenfalls erforderlichen Leuchtfelder und Schalter. Bei der Schaltungsentwicklung ist berücksichtigt worden, daß die Schalter nicht direkt wirken, sondern nur zur Steuerung von Relais dienen, die in den betreffenden Baueinheiten sitzen. Hierdurch ist erreicht, daß die Zahl der Verbindungsleitungen zwischen den Baueinheiten und dem Bedienungsteil klein ist und die Schaltungen übersichtlich bleiben. Außerdem können auch an Stelle von Schaltern Tasten verwendet werden und dadurch kleine Bedienungsgeräte geschaffen und verwendet werden.

Durch verschiedenartige Zusammenschaltung der beschriebenen Baueinheiten lassen sich nun folgende Grundausbauten dieses Systems schaffen:

Grundausbau A.

Eine einfache Feuermeldeanlage mit Lichtanzeige der Meldestellen besteht aus Meldungsempfangseinrichtung,

zwei Relaisspeichern, der Signalschiene und einer Bedienungseinrichtung. Die Relaiswicklungen der Speicher sind an die Ausgänge der Aufnahmewähler in der Meldungsempfangseinrichtung angeschlossen. Nach der Meldungsaufnahme wird das durch die Wählereinstellung ausgewählte Relais angeworfen, das sich selbst hält und seinerseits das zugehörige Meldestellenleuchtfeld einschaltet. Die Aufnahmewähler werden sofort wieder frei und laufen in ihre Ruhestellung zurück, so daß sie für den Empfang weiterer Meldungen zur Verfügung stehen.

Grundausbau B.

Eine Feuermeldeanlage mit Registrierung, die auch als Wächterkontrollanlage zu verwenden ist, besteht aus Meldungsempfangseinrichtung, Zahlengeber, Signalschiene und Bedienungseinrichtung mit Typendrucker. Hierbei müssen die Aufnahmewähler der Meldungsempfangseinrichtung so lange eingestellt stehen bleiben, bis der Wähler des Zahlengebers ihre Stellungen abgegriffen hat. Haben die beiden Wähler die gleiche Meldung aufgenommen, so greift der Zahlengeberwähler nur einmal ab, sind zwei Meldungen eingelaufen, so werden diese nacheinander registriert.

Grundausbau C.

Dies ist eine Vereinigung der beiden Ausbauten A und B; die Feuermeldungen werden also durch Leuchtfelder angezeigt und durch einen Drucker registriert. Die Anlage besteht demnach aus Meldungsempfangseinrichtung, zwei Relaisspeichern, Zahlengeber, Signalschiene und Bedienungseinrichtung mit Typendrucker. Die Aufnahmewähler arbeiten in derselben Art wie im Grundausbau B.

Grundausbau D.

Wie bereits erwähnt, ist es wichtig, daß die Aufnahmewähler so schnell wie möglich wieder in ihre Grundstellung kommen, damit sie weitere Meldungen aufnehmen können. Besonders für große und wichtige Anlagen ist daher ein Anlagenausbau entwickelt worden, bei dem wie im Grundausbau A nur Speicherrelais angeworfen zu werden brauchen. Hierfür sind aber Relaisspeicher mit Stufenrelais erforderlich. Der Anker dieser Stufenrelais kann zwei Lagen einnehmen: Bei schwacher Erregung die Stufe I, bei starker Erregung Stufe II. In Stufe I werden nur einige Kontakte betätigt, während in Stufe II alle Kontakte umgelegt sind. Nach Aufnahme der Meldung wird das ausgewählte Relais über die Aufnahmewähler in die I. Stufe angeworfen, wo es sich selbst hält. Danach laufen die Aufnahmewähler wieder in ihre Grundstellung. In der I. Stufe angezogene Relais lassen den Zahlengeber anlaufen, dessen Abgreifwähler in diesem Falle mit den Kontakten der Stufenrelais verdrahtet ist. Beim Ansprechen des Prüfrelais im Zahlengeber wird das betreffende Stufenrelais zusätzlich so erregt, daß der Achter in die II. Stufe kommt, und damit der Anlaßstromkreis für den Zahlengeber geöffnet wird. Wenn mehrere Meldungen eingelaufen sind, also mehrere Stufenrelais in der I. Stufe erregt sind, werden die Meldungen nacheinander registriert, indem die Relais nacheinander in die II. Stufe gebracht werden. Diese Anlage besteht also aus Meldungsempfangseinrichtung, zwei Relaisspeichern mit Stufenrelais, Zahlengeber, Signalschiene und Bedienungseinrichtung mit Typendrucker.

Bei mehr als 40 Meldestellen werden nun diese Grundausbauten entsprechend mehrfach vorgesehen, ohne daß zwischen den je Schleifenleitung vorhandenen gleichartigen Baueinheiten irgendwelche Querverbindungen erforderlich sind. Es sind vielmehr nicht nur die einzelnen Baueinheiten, sondern auch ihre schleifenmäßige Zusammenschaltung vollkommen gleich ausgeführt.

Die Grundausbauten können, wie bereits erwähnt, durch eine Reihe von Zusatzeinrichtungen, die ebenfalls als abgeschlossene Baueinheiten ausgebildet sind, ergänzt werden. Als Beispiel sei die Übertragung der Feuermeldungen nach einer zweiten Stelle erwähnt. In diesem Falle wird der Grundausbau C z. B. mit einer Übertragungssendeeinrichtung ausgerüstet. Durch diese Baueinheit wird die Übertragungsleitung abgeschlossen und ruhestromüberwacht. Nach einer Feuermeldung wird selbsttätig ein Belegungsimpuls über die Leitung geschickt und dann synchron mit der Registrierung eine Impulsreihe gesendet. In der Übertragungsempfangstelle wird durch diese Impulsreihe ein Aufnahmewähler eingestellt. Die Anzeige bzw. Registrierung vollzieht sich hier dann in entsprechender Weise wie in der Meldungsempfangstelle. Wenn die Meldungen aus mehreren Schleifenleitungen übertragen werden müssen, wird zwischen Übertragungssendeeinrichtung und die Zahlengeber der verschiedenen Schleifen eine Baueinheit „Schleifenleitungssucher" geschaltet. Diesem entspricht in der Übertragungsempfangstelle ein Mitlaufwerk, das sich synchron mit dem Schleifenleitungssucher einstellt und die Verbindung nach der der Schleifenleitung entsprechenden Übertragungsempfangseinrichtung herstellt. Mit diesen Möglichkeiten ist jedoch die Anpassungsfähigkeit des STS-Systems an vorkommende Betriebsbedingungen noch nicht erschöpft. Unter unveränderter Verwendung der beschriebenen Baueinheiten kann z. B. auch für mehrere Schleifenleitungen nur ein 40teiliges Leuchtfeld zur Meldestellenanzeige vorgesehen werden. In diesem Falle werden die Meldungen durch Schalter abgefragt, d. h. die Leuchtfelder werden durch die Speicherrelaiskontakte vorbereitet und erst beim Betätigen eines je Schleifenleitung vorhandenen Schalters eingeschaltet.

Die Grundausbauten B und C, die auch zur Wächterkontrolle mitbenutzt werden können, können hierfür noch durch folgende Baueinheiten ergänzt werden, die dem Schutz der Wächter gegen Überfälle o. a. dienen bzw. Sabotageakte erschweren. Durch eine einfache Einrichtung wird die Zeit zwischen den Wächtermelderbetätigungen überwacht. Beim Überschreiten der eingestellten Höchstzeit wird von der Baueinheit ein Notzeichen „Zeit überschritten" eingeschaltet. Diese Baueinheit enthält als Hauptteil ein Wählerrelais, das minutlich fortgeschaltet wird und bei jeder Aufnahme einer Wächterkontrollmeldung selbsttätig in eine Grundstellung läuft. Durch eine andere Baueinheit wird die jeweils zuletzt begangene Meldestelle angezeigt. Ein in der Baueinheit enthaltener Wähler nimmt nach jeder Meldungsaufnahme als Sucher die Stellung des Aufnahmewählers ein und bleibt bis zur nächsten Meldung eingestellt. Die Wählerausgänge sind mit dem 40teiligen Leuchtfeld verbunden, so daß beim Umlegen eines Schalters die Nummer der Meldestelle aufleuchtet, wo der Wächter zuletzt gewesen ist. Mit einer dritten Baueinheit schließlich kann man die Reihenfolge, in der die betr. Wächterkontrollmelder betätigt werden, überwachen. Diese Baueinheit enthält einen Kennzeichnungswähler, der bei jeder Meldung um einen Schritt fortgeschaltet wird, und einen Meldungswähler, der bei jeder Meldung mit dem Aufnahmewähler eingestellt wird. Die Ausgänge des Meldungs- und Kennzeichnungswählers sind über einen Reihenfolgeverteiler so miteinander verbunden, daß bei der Aufnahme einer falschen Meldung ein Notsignal „Reihenfolge falsch" eingeschaltet wird. Durch vier Schalter kann zwischen vier bestimmten Reihenfolgen gewechselt werden. Der Verteiler ermöglicht ferner eine beliebige grundsätzliche Änderung der Reihenfolgen.

Vielfach kommt es vor, daß die in einer Schleifenleitung liegenden Wächterkontrollmelder gruppenweise von verschiedenen Wächtern betätigt werden. Die zusätzlichen Baueinheiten werden in diesem Fall je Wächter vorgesehen und nur dann beeinflußt, wenn eine zugehörige Meldestellennummer aufgenommen ist. Außerdem werden dann Melder mit Sperreinrichtung verwendet.

Während bisher die Aufgaben und technischen Mittel der Grundbaueinheiten und einiger Zusatzbaueinheiten beschrieben wurden, soll jetzt auf den konstruktiven Aufbau der Anlagen näher eingegangen werden. Auf die Tren-

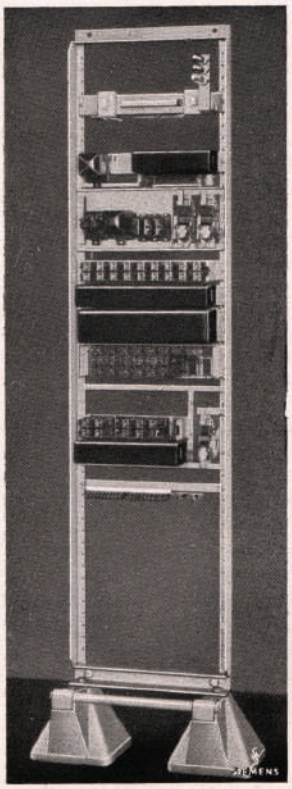


Bild 2. Relaisgestell mit Grundausbau C für eine Schleife.

nung zwischen den Baueinheiten und den Bedienungs- und Überwachungsteilen ist bereits hingewiesen worden. Sämtliche Baueinheiten haben einheitliche Befestigungsmaße, so daß sie in beliebiger Zusammenstellung in hierzu passenden Gestellrahmen befestigt werden können. Bei größeren Anlagen werden diese mit Füßen versehen und für sich in trockenen, staubfreien Räumen aufgestellt (Bild 2). Je nach der Anzahl der Bedienungs- und Überwachungsteile werden die Gestellrahmen in Blechschalttafeln (Bild 3), Schaltpulten oder Tischstationen (Bild 4) eingebaut. Die Schalttafeln und Schaltpulte sind wiederum so eingerichtet, daß beliebig viele einer Art zu einer Reihe zusammengebaut werden können. Auch die Tischstationen sind in verschiedenen Größen entwickelt worden.

Wie bei den Baueinheiten ist aber auch bei den Schalttafeln, Pulten und Tischstationen ein einheitliches Befestigungssystem für die Bedienungsteile zugrunde gelegt worden, so daß für die Konstruktionen keine Bindung an eine bestimmte Anlage besteht.

Für Anlagen mit geringerem Aufwand für Geräte bzw. Baueinheiten ist es zweckmäßig, das Bedienungsfeld und den Gestellrahmen zu vereinigen. Der Standschrank (Bild 5) ist z. B. eine Konstruktion, die mit beliebig ausgebildeten Bedienungsfeldern ausgestattet werden und daher ebenfalls alle Arten von Fernmeldeanlagen aufnehmen kann. Alle diese Tragkonstruktionen können aus diesem Grunde ebenso wie die Baueinheiten reihenmäßig gefertigt und dann nach besonderen Bedürfnissen bestückt werden. Das schließt natürlich nicht aus, daß Anlagen, die in einer Normalausführung ständig gebraucht werden, auch gleich reihenmäßig fertiggestellt werden. Ein Beispiel hierfür ist die Feuermelde- und Wächterkontrollanlage nach dem Grundausbau C im Standschrank. Diese Einrichtung eignet

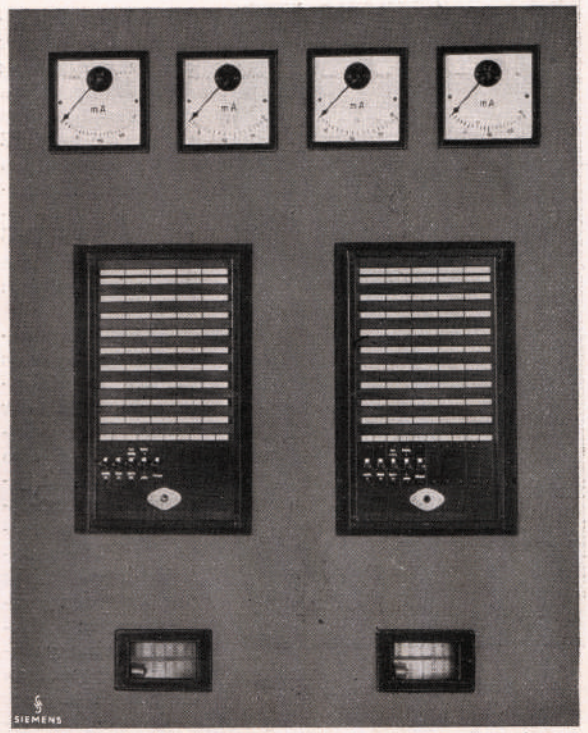


Bild 3. Blechschalttafel mit Bedienungseinrichtung für zwei Schleifen.

und 7). Der Schrank enthält ferner eine vollständige Ladeeinrichtung, bestehend aus Ladegleichrichter, Batterieumschalter und Netzschalter, so daß außer dem Batterieraum weiter kein Platz benötigt wird. Die Aufstellungs- und Unterhaltungsarbeiten sind dadurch außerordentlich vereinfacht worden.

Für Feuermeldeanlagen nach dem beschriebenen System mit mehreren Schleifenleitungen kommt zur Zeit hauptsächlich die Bauform in Frage, bei der die Baueinheiten in selbständigen Gestellrahmen (s. Bild 2) und die Bedienungs- und Überwachungsteile in Blechstandschalttafeln (s. Bild 3) untergebracht sind. Selbstverständlich können auch diese Anlagen mit allen erforderlichen oder gewünschten Zusatzbaueinheiten bzw. -bedienungsteilen versehen werden. In dieser Bauform werden auch meistens Zentralen mit verschiedenen Fernmeldeanlagen erstellt: z. B. Feuermelde-, Wächterkontroll-, Empfangsanlage für Meldungen von selbsttätigen Feuermeldern, Türsicherungs-, Uhren- und Sirenensteuerungsanlagen. Die Bilder 2 und 6 bzw. 7 zeigen deutlich, wie sich z. B. der Grundausbau C

Bild 4. Tischstation, in drei Ausführungen.

sich für kleinere Gemeinden und Industrieunternehmen. Der Standschrank bietet außer den zum Grundausbau gehörenden Baueinheiten noch Platz für Zusatzbaueinheiten, die auch nachträglich eingebaut werden können (Bild 6 in den beiden Bauformen immer aus den gleichen Baueinheiten zusammensetzt. Auch bei den leistungsmäßig unterschiedlichen Anlagen, gleich in welcher Bauform, treten sowohl die Baueinheiten im Grundausbau als auch

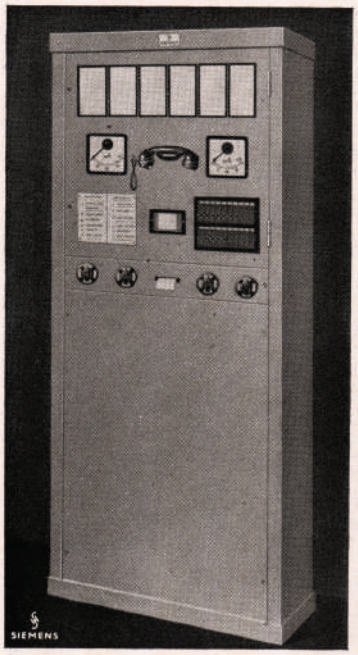


Bild 5. Standschrank.

die Zusatz-Baueinheiten immer wieder auf. Bei der Bildung von Anlagen mit mehreren Schleifen werden die in Bild 2 und 3 dargestellten Gestelle und Schalttafeln mehrfach angeordnet, so daß auch hierbei das Aufbausystem nicht zu ändern ist.

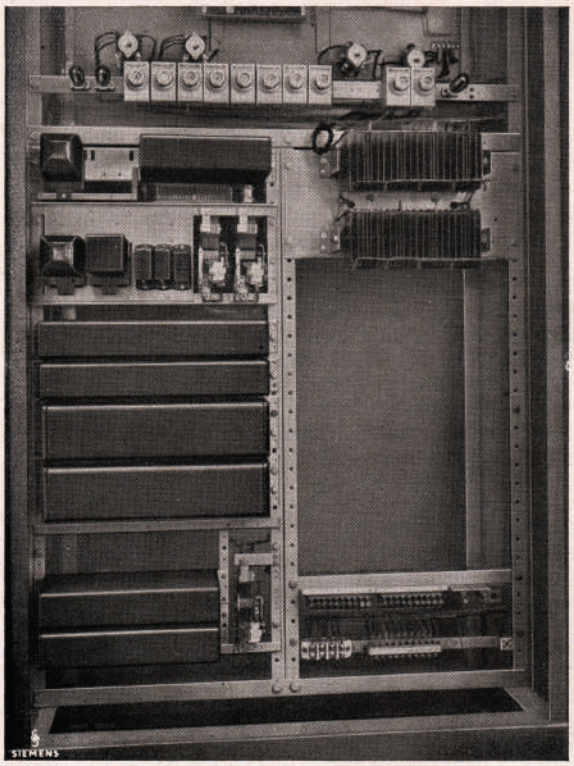
Die Entwicklung dieses Systems in der Baueinheitenform und der neuen Tragkonstruktion hat also die Möglichkeit gegeben, Feuermelde- bzw. Feuermelde- und Wächterkontrollanlagen nicht nur mit den verschiedensten Leistungen zusammenzusetzen, sondern diese auch in einer Reihe von Ausführungsformen und in beliebigen Größen bauen zu können. Damit können alle vorkommenden betrieblichen und baulichen Anforderungen ohne Schwierigkeiten erfüllt werden.

Die für die Lösung einer fernmeldetechnischen Aufgabe erforderlichen elektrischen Bauteile müssen nach dem Gesichtspunkt einer klaren, eindeutigen Leistungseigenschaft in elektrisch und konstruktiv abgeschlossenen Baueinheiten zusammengefaßt werden. Die Schaltung der Baueinheiten ist so zu gestalten, daß, um eine allgemeine Verwendbarkeit sicherzustellen, nur alle grundsätzlichen Forderungen erfüllt werden.

Um einfache Zusammenschaltungen zu erhalten, soll die Schaltung der Baueinheiten möglichst wenig Leitungsausgänge haben. Dies ergibt sich um so eher, je geschlossener die Leistungseigenschaft ist, so daß die Zahl der Ausgänge direkt als Maß für die Zweckmäßigkeit der Leistungsabgrenzung dienen kann.

Besondere Betriebsanforderungen müssen durch die entsprechende Zusammenstellung der Baueinheiten oder Hinzufügen von Zusatzbaueinheiten berücksichtigt werden. Die Baueinheiten müssen so gebildet werden, daß sie zweckmäßig vervielfältigt werden können, wobei aber auch eine gute räumliche Ausnutzung der verwendeten Schienen oder Grundplatten berücksichtigt werden muß. Auch bei der Zusammenschaltung von Baueinheiten zu Fernmelde- oder Fernsteueranlagen ist hier die kleinste Anlagengröße festzulegen, die dann ohne weiteres vervielfacht werden kann. Sämtliche Baueinheiten müssen einheitliche Befestigungsmaße haben, damit sie in passenden Tragkonstruktionen beliebig zusammengestellt befestigt werden können.

Für den Bau von Melde- und Fernsteueranlagen stehen bereits eine Anzahl von Tragkonstruktionen für Baueinheiten zur Verfügung. Die Gehäuse und Tafeln zur Aufnahme der Bedienungs- und Überwachungsteile sind ebenfalls in verschiedenen Größen und Ausführungen vorhanden und so durchgebildet, daß sie beliebig bestückt



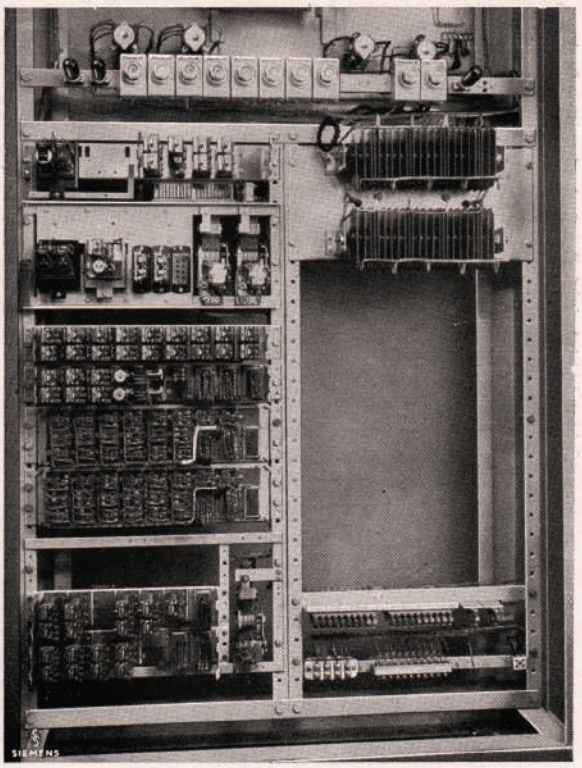


Bild 6 und 7. Inneres des Standschranks mit Grundausbau C für eine Schleife.

Aus diesen Erfahrungen ergeben sich zusammenfassend folgende Gesichtspunkte, die bei der Entwicklung und dem Bau von Fernmeldeanlagen insbesondere Melde- und Fernsteueranlagen in Zukunft berücksichtigt werden:

werden können. Von besonderer Wichtigkeit ist der Schrank mit der Einbaumöglichkeit von Baueinheiten wegen seiner Eignung für Fernmeldeanlagen aller Art. Bei der weiteren Entwicklung der Konstruktionen wird der

Grundsatz einer allgemeinen Verwendbarkeit beibehalten werden, so daß diese Reihe immer vollständiger wird.

Wie die Erfahrungen gezeigt haben, ermöglicht diese Bauweise mittels Baueinheiten, bei der allgemein verwendbare Konstruktionen geschaffen und angewendet werden, eine wirtschaftliche Fertigung von Melde- und Fernsteueranlagen, auch wenn sie in kleinen und kleinsten Stückzahlen gefertigt werden müssen. Es ist gerade heute von besonderer Bedeutung, daß hierdurch hochwertige Arbeitskräfte für Entwicklung und Durchbildung gespart werden, die anderweitig eingesetzt werden können. Für den Betrieb ergibt sich ein Erzeugnis, das anpassungsfähig und technisch ausgereift ist und in großer Gleichmäßigkeit geliefert werden kann. Diese Grundsätze werden sich daher bei allen Melde- und Fernsteueranlagen einführen und bewähren.

Verhalten von Preßmassen auf Phenolharz-Holzmehlbasis in feuchtheißem Tropenklima

Von Dr. H. Gerland, Siemens-Kabel-Gemeinschaft.

Die Frage der Tropensicherheit ihrer Erzeugnisse ist für die Hersteller von Maschinen und Geräten aller Art, besonders aber für die Großfirmen der Elektroindustrie schon immer von besonderer Bedeutung gewesen. Neben Metallen als Hauptwerkstoff haben sich im Laufe der letzten zwei Jahrzehnte besonders die Kunststoffe ein großes Anwendungsgebiet erobert. Wegen ihrer guten Isolationseigenschaften sind sie heute für die Elektroindustrie ein unentbehrlicher Werkstoff geworden. Die sachgemäße Anwendung dieser Stoffe in Geräten, die in den Tropen verwendet werden sollen, verlangt gründliche Werkstoffkenntnis. Der Sammelbegriff der Tropenbeständigkeit umfaßt eine große Zahl von einzelnen Gesichtspunkten; außerdem sind die Vielfältigkeit der Kunststoffe und ihre sehr verschiedenen Eigenschaften zu beachten.

Die vorliegende Untersuchung kann nur einen kleinen Ausschnitt aus diesem großen Gebiet behandeln. Es war die Aufgabe gestellt, einen tieferen Einblick in die Zusammenhänge zu gewinnen, die das Tropenverhalten von Preßstoffen, im besonderen der weitaus am meisten angewendeten Phenolharz-Holzmehlpreßstoffe, entscheidend beeinflussen. Frühere in den Laboratorien der Siemens-Werke geleistete Arbeiten auf diesem Gebiet hatten sich mehr auf die reine Beobachtung der Preßteile bei Einlagerung in entsprechende Klimaräume beschränkt. Man hatte sich dann bemüht, zu einer feststehenden, gütewertmäßigen Beurteilung und Einteilung der verarbeiteten Preßmassen zu gelangen. Dies ist jedoch nur — wie die Untersuchungen zeigen — in einigen wenigen Fällen möglich.

Weiterhin war bei den Untersuchungen der Wunsch maßgebend, zu einem objektiven Prüfverfahren zu gelangen, mit Hilfe dessen man in kurzer Zeit an Hand schnell herstellbarer Versuchspreßmuster zu einer für die Praxis ausreichend genauen Vorausbestimmung des zu erwartenden Tropenverhaltens der Preßmassen gelangen kann.

Für die Betriebsicherheit der wertvollen Maschinen und Geräte ist es eine entscheidende Frage, ob die angewendeten Preßstoffteile sich auch unter Tropenverhältnissen einwandfrei verhalten. Als schwierigste Tropenbeanspruchung hat sich in den meisten Fällen das feuchtwarme Regenklima ergeben, mit Temperaturen von 20° bis 45° bei relativen Luftfeuchtigkeiten von über 90 %. Daneben ist, besonders für manche thermoplastischen Kunststoffe, das Wüstenklima mit Temperaturspitzen um 60° gefährlich. Da Preßstoffe auf der Basis Harnstoff-Formaldehydharz wegen ihrer bekannten Neigung zu Quellungen und Schrumpfungen (Gefahr der Rißbildung) in den Tropen keine ausreichende Sicherheit bieten, so richtet sich die Aufmerksamkeit hauptsächlich auf den großen Ausschnitt der warmhärtbaren Phenolharz-Preßmassen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften, die stark von Harzart und Füllstoff abhängen. Besonderen Anreiz bieten hier die billigen und am bequemsten zu verarbeitenden holzmehlgefüllten Massen (Typen S, S* und 0)[1]). Die zu ihrer Herstellung notwendigen Rohstoffe stehen auch erfreulicherweise im Kriege zur Verfügung.

Legt man Preßstücke aus Phenolharz-Preßmischungen mehrere Wochen lang in den Tropenraum, so kann man daran folgende Beobachtungen machen:

Die Preßteile quellen und verändern in gewissem Umfange ihre Maße. Die ursprünglich glatten, blanken Oberflächen verlieren ihr gutes Aussehen, werden matt und lassen oft das Gefüge des angewendeten Füllstoffes erkennen; Gewebeschnitzel z. B. zeigen sich sehr deutlich. Vielfach sieht man auf den Preßteilen Bläschen und beobachtet klebrige Stellen. Die Klebrigkeit kann durch ausschwitzende Weichmacher, Kontaktmittel und Gleitmittel hervorgerufen werden, kann aber auch bei schlecht ausgehärteten Preßteilen durch nicht abgehärtetes Harz oder freie Phenole, Kresole, Xylenole und dgl. bedingt sein. Oft zeigen im Tropenraum eingelagerte Preßteile weißgraue Ausscheidungen, die als Magnesiumsalze erkannt wurden. Auch Schimmelpilzsiedlungen finden sich verschiedentlich vor. Viel wichtiger als alle diese bisher genannten Mängel sind jedoch die teilweise flüchtigen Ausscheidungen, die in den Tropen bei feuchter Hitze aus dem Preßstoff frei werden. Diese, in der Hauptsache sind es Ammoniak- und Essigsäure, greifen eingebaute oder eingepreßte Metallteile an und können zu recht erheblichen Korrosionen führen.

Die im Tropenraum beobachteten Wasseraufnahmen und die damit verbundenen Quellungen ergeben kein ganz einheitliches Bild; sie sind außer von der Füllstoffart auch von dem Gefüge des Füllstoffs, vom Harzgehalt und von der Verdichtung des Werkstoffes in starkem Maße abhängig. In der Regel gilt folgendes: Feine Fasern, die besser mit Harz getränkt sind, nehmen weniger Wasser auf als grobe (Typ Z 1 weniger als Z 2; T 1 weniger als T 2; 12 weniger als M). 40prozentige Mischungen haben eine größere Wasseraufnahme als 50prozentige, da der Füllstoff im letzten Falle besser mit Harz durchtränkt ist. Schwarze Mischungen nehmen meist mehr Feuchtigkeit auf als braune, da bei letzteren der angewandte Farbstoff oft anorganischer Natur und wenig hygroskopisch ist. Bei schlecht ausgehärteten Preßteilen liegt die Wasseraufnahme, wie Versuche ergeben haben, allgemein ungünstiger.

Der Schimmelbildung waren Preßteile mit Holzmehl, Textilien und Papier als Füllstoff zugänglich; das Harz selbst ist kein Nährboden hierfür. Es wurde beobachtet, daß Preßmassen auf der Basis Resolharz, im besonderen mit Buchenholzmehl als Füllstoff, stärkeren Schimmelbefall zeigten, als solche mit Novolakharz. Vielleicht wirkt das freie Ammoniak, das in letzteren fast immer vorhanden ist, auf die Ausbildung von Pilzkulturen hemmend.

Die Frage der Ausscheidung von Magnesiumsalzen auf den Preßoberflächen (nachgewiesen als $Mg\,NH_4\,PO_4$) hängt einmal von der in der Preß-

[1]) Typentafel vgl. ETZ Bd. 63 (1942) Heft 21/22 S. 267.

mischung vorhandenen Menge von Magnesiumverbindungen ab, zum anderen aber auch von der Menge freier Essigsäure, da Magnesium größtenteils als lösliches Acetat an die Preßstoffoberfläche wandert, und dort durch Hydrolyse basisches Salz und Essigsäure entstehen. Die in Preßmassen gefundenen Magnesiumgehalte, meist wohl ursprünglich als Magnesiumoxyd vorliegend, bewegen sich etwa zwischen 0,2 und 2,5 %. Die als 0-Massen bezeichneten enthalten meist höhere Magnesiumgehalte als S-Massen.

Die hauptsächlichsten Schäden, die unter Tropenverhältnissen bei Preßstoffteilen auftreten können, sind Korrosionen an eingebauten oder eingepreßten Metallen. Sie werden hervorgerufen durch mehr oder weniger flüchtige Ausscheidungen aus den Preßstoffteilen, wie Ammoniak, Ameisensäure, Formaldehyd, Essigsäure und deren Salze, die sich an der Oberfläche und im Innern bilden. Grundbedingung für das Wirksamwerden dieser Stoffe bei ihrem Angriff auf Metallteile ist das Vorhandensein von Feuchtigkeit. Die bei feuchtwarmem Klima gleichzeitig vorhandene Wärme dürfte, da es sich um Diffusionsvorgänge handelt, nur auf die Schnelligkeit und Stärke des Angriffes von Einfluß sein. Zur Klärung der Frage, welche von diesen Komponenten besonders schädlich sind, wurden im Kabelwerk der SSW eine ganze Reihe von Schnellkorrosionsversuchen an den wichtigsten Einbaumetallen für Geräte durchgeführt. Wir benutzten für diesen Zweck: Messing, Kupfer, Zink und verzinktes Eisen.

Annähernd oberflächengleiche Metallstreifen wurden entfettet und in Reagenzgläser von etwa 15 cm³ Inhalt gegeben. Am Boden jedes Glases befand sich ein Wattebausch, der mit 1 cm³ der zu untersuchenden Lösung von bestimmter Konzentration getränkt war. Die zu untersuchenden Metalle wurden teils unmittelbar auf die feuchte Watte heraufgelegt, teils in das Glas eingehängt, so daß sie im letzten Falle nur mit den Dämpfen in Berührung kommen konnten. Die Gläser wurden lose verschlossen und in eine feuchte Kammer getan, die ihrerseits in einem Wärmeschrank 3×24 Stunden auf 40° gehalten wurde. Die Proben wurden dann nach dem Aussehen begutachtet.

Für die Untersuchung wurden folgende in Phenolharzpreßmassen vorhandenen bzw. möglicherweise vorhandenen chemischen Verbindungen herangezogen: Ammoniak, Essigsäure, Formaldehyd, Ameisensäure, Phenol, Kresol, Ammoniumacetat, Ammoniumformiat, Magnesiumacetat, Magnesiumformiat.

Ferner wurden die Einwirkungen von freiem Hexamethylentetramin, von feuchtem Buchen- und Kiefernholzmehl, sowie von angefeuchtetem Harzpulver (Novolakharz mit und ohne Hexa als Beschleuniger, und Resolharz) untersucht.

Ergebnis.

Ammoniak wirkt in der Hauptsache auf Kupfer und Messing ein; man beobachtete Nachdunkeln der Metalle und bei Berührung mit wässriger Lösung auch basische Salzbildung an der Oberfläche. Zink und verzinktes Eisen zeigen, je nach Konzentration des Ammoniaks, stärkeren oder schwächeren weißen Beschlag.

Essigsäure: Messing und Kupfer werden stärker angegriffen; stärkere Grünspanbildung und stärkere basische Salzbildung auf Zink und verzinktem Eisen.

Neutrales Ammonium-Acetat: Einwirkung ist schwächer als die von Essigsäure.

Ammonium-Acetat mit geringem NH_3-Überschuß: Angriff ähnlich wie bei neutralem Ammon.-Acetat.

Ammonium-Acetat mit Essigsäureüberschuß: Der Angriff auf alle untersuchten Metalle ist merklich stärker als bei reiner Essigsäure.

Ameisensäure: Einwirkung ist merklich schwächer als bei Essigsäure, wahrscheinlich deshalb, weil Ameisensäure erheblich leichter flüchtig ist.

Hexamethylentetramin: Keine Einwirkung.

Ammonium-Formiat:
Magnesium-Acetat: } Keine Einwirkung.
Magnesium-Formiat:

Freier Formaldehyd: Stärkerer weißer Beschlag auf Zink und verzinktem Eisen.

Die einwirkenden Stoffe wurden in den Konzentrationen 2 normal, 1 normal, $^1/_2$ normal und $^1/_{16}$ normal angewendet. Die hier beschriebenen Einwirkungen wurden nur bei den Konzentrationen 2 n und 1 n beobachtet. Bei schwächeren Lösungen blieb es im allgemeinen bei Farbänderungen an den Metallen. Feste Stoffe, wie Holzmehl, Hexamethylentetramin, Harz u. a. gelangten in Gewichtsmengen von 1 g zur Untersuchung; hierbei wurden gar keine Einwirkungen auf Metalle beobachtet.

Die bei den einzelnen Konzentrationen erzielten Ergebnisse der Schnellkorrosionsversuche lassen sich allerdings zu den unter Tropenbedingungen unmittelbar an Preßstoffteilen mit Metallen beobachteten Wirkungen und zu den an Preßteilen mit Hilfe unserer Analysenverfahren erhaltenen Werte nicht quantitativ in Beziehung bringen, da die jeweils vorliegenden Bedingungen verschieden sind. Man kann jedoch, da äquimolare Lösungen angewendet wurden, bezüglich der Stärke des Angriffes der untersuchten Stoffe auf die Metalle vergleichbare Angaben machen.

Als wesentlichstes Ergebnis wurde gefunden, daß Essigsäure und besonders Ammonium-Acetat mit geringem Essigsäureüberschuß, die stärksten Einwirkungen auf die untersuchten Metalle zeigten.

Dies steht auch im Einklang mit den Tropenraumbeobachtungen. Asbest-, gewebe- und papierschnitzelhaltige Phenolharzpreßmassen mit ammoniakabspaltenden Beschleunigern bewirken praktisch keine oder doch nur geringe Korrosionserscheinungen an den untersuchten Metallen, da in diesem Falle zwar immer Ammoniak vorhanden ist, jedoch die Essigsäure fehlt. Holzmehlhaltige Preßmassen der gleichen Art ergeben je nach Zusammensetzung stärkere oder schwächere Einwirkung auf Metalle. 0-Massen, die, aus dem Holzmehl herrührend, stets freie Essigsäure aufweisen, greifen Metalle in der Regel viel schwächer als S-Massen an, da sie keine ammoniakhaltigen Beschleuniger gleichzeitig enthalten.

Die Frage der Herkunft des Ammoniaks ist klar zu beantworten.

Es stammt aus dem Beschleuniger Hexamethylentetramin oder ähnlich gebauten Stoffen (z. B. Hexamethylentetramintriphenol). Bereits bei der Preßmasseherstellung auf den Walzen wird bei den angewendeten höheren Temperaturen Ammoniak aus dem Kondensationsbeschleuniger freigemacht und entweicht zum großen Teil. Stärkere Mengen Ammoniak entstehen dann später beim eigentlichen Preßvorgang in der geschlossenen Form. Diese Ammoniakmengen werden nicht restlos frei, sondern verbleiben zum großen Teil in dem Preßstoff und werden dann unter feuchtwarmen Tropenbedingungen leicht flüchtig. Man kann es sich so vorstellen, daß die gemeinsame Einwirkung von Feuchtigkeit und Wärme den Preßstoff zunächst auflockert, primär z. B. durch Quellung, wobei die Preßhaut durchlässiger wird und Gase entweichen können. An Preßteilen, die mehrere Wochen im Tropenraum gelagert wurden, wurde durch Analyse festgestellt, daß der Ammoniakgehalt nach der Tropenraumlagerung erheblich geringer geworden war.

Die Essigsäure bildet sich aus dem Holzmehl. Sie wurde als Na-uranyl-acetat nachgewiesen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß bei der trockenen Destillation des Holzes Essigsäure in größeren Mengen anfällt. Ähnliche Bedingungen liegen im kleinen schon beim Mischvorgang auf den heißen Walzen (bis 130°), besonders aber später beim Preßvorgang in der Form ($\approx$ 170°), in erhöhtem Maße vor. Stellt man aus derselben Preßmasse die gleichen

Preßteile bei der gleichen Preßtemperatur her und arbeitet nur mit verschiedenen Brennzeiten, so zeigt sich bei der Analyse, daß man bei längeren Brennzeiten auch größere Mengen Essigsäure erhält (Bild 1).

Besonders durch das Verpressen wird also, wie Versuche erwiesen haben, Essigsäure in Freiheit gesetzt. Dieser Vorgang verstärkt sich noch in der feuchten Wärme des Tropenraumes. Preßteile mit Holzmehl als Füllstoff, deren Gehalte an freier Essigsäure vor und nach der Tropenraumlagerung bestimmt wurden, zeigten regelmäßig eine Zunahme der Säuremenge. Grundsätzlich wurde beobachtet, daß Weichholzmehl, im Untersuchungsfalle Fichtenholzmehl, geringere Essigsäuremengen abgibt als Hartholzmehl, in unserem Falle Buchenholzmehl.

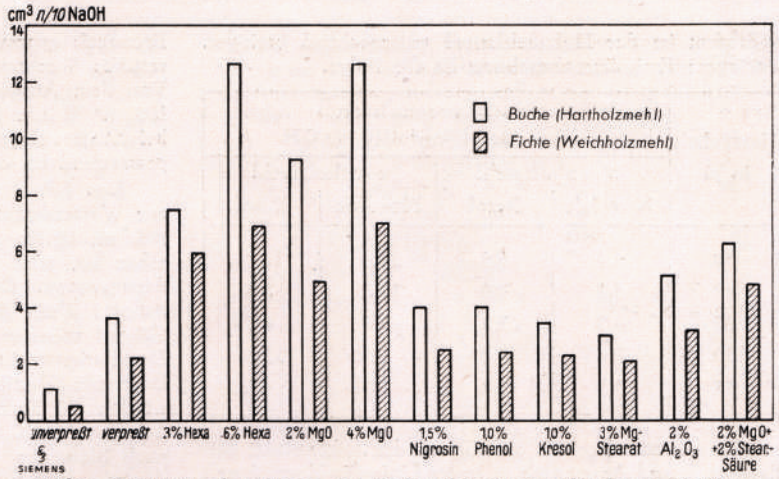


Bild 2. Essigsäureabspaltung aus Holzmehl mit verschiedenen Zusätzen, ausgedrückt durch cm³ verbrauchte $\frac{n}{10}$ Na OH.

Es war nun von Bedeutung zu wissen, wie die einzelnen, in Preßmischungen des Typs S, S* oder 0 vorhandenen Komponenten auf das Holzmehl einwirken und die Essigsäureabspaltung fördern. Zu diesem Zweck wurde das Verhalten von Hexamethylentetramin, Magnesiumoxyd, Magnesiumstearat, Aluminiumoxyd, freiem Phenol und freiem Kresol gegen die beiden vorher genannten kennzeichnenden Vertreter der Holzmehle untersucht.

Es wurde dabei in der Weise verfahren, daß zunächst gleiche Gewichtsteile loses Holzmehl ohne Zusätze nach dem später angegebenen Verfahren auf freie Essigsäure untersucht wurden. Die gleichen Mengen wurden dann bei der üblichen Preßtemperatur von $\approx 170°$ mit 15 min Standzeit verpreßt, und dabei eine Steigerung des Essigsäuregehaltes beobachtet. Nun wurden verschiedene Anteile der obenbezeichneten Stoffe zu den gleichen Einwaagen von Holzmehl hinzugegeben und stets unter den gleichen Bedingungen verpreßt. Die Ergebnisse der Essigsäurebestimmungen, ausgedrückt durch verbrauchte cm³ $\frac{n}{10}$ Na OH, sind aus nachstehender Aufstellung ersichtlich (Bild 2).

Es ergab sich, daß die beiden in jeder Preßmischung vom Typ S vorhandenen Komponenten Hexa und Magnesiumoxyd, je nach der angewandten Menge, zu einer besonderen Erhöhung der Essigsäureabspaltung führten. Das Hexa wird bei den angewendeten Preßtemperaturen in seine Bestandteile Formaldehyd und Ammoniak zerlegt, die nun anscheinend auf das Holzmehl aufschließend wirken. Die Einwirkung des Magnesiumoxyds ist nicht leicht zu erklären; möglicherweise katalysiert dieses die Wärmezersetzung des Holzmehls zu Essigsäure. Freie Phenole, Kresole und Stearinsäure zeigen keinen nennenswerten Einfluß auf diesen Vorgang; letztere wirkt eher etwas hemmend.

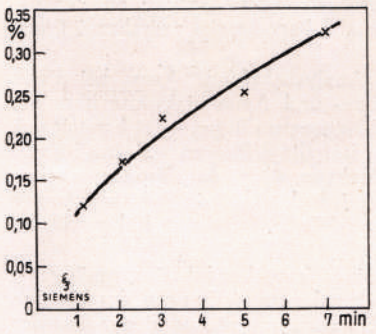


Bild 1. Essigsäureabspaltung in % bei verschiedenen Brennzeiten in min.

Ähnliche Versuche wurden auch mit vollständigen Preßmischungen durchgeführt. Es wurden dann nur die Komponenten anteilmäßig geändert, deren Einwirkung auf die Essigsäureabspaltung untersucht werden sollte. Die Ergebnisse lagen in der gleichen Richtung.

Aus nachstehender Zusammenstellung ist die Abhängigkeit der Essigsäureabspaltung vom Magnesiumoxydgehalt, ausgedrückt durch cm³ $\frac{n}{10}$ Natronlauge, ersichtlich. Es wurden 40prozentige Phenolharzmischungen hergestellt, in denen die Magnesiumoxydgehalte von 0,5 ... 4,0 % lagen.

Harzart	Füllstoff	MgO-Gehalt	Essigsäuregehalt, ausgedrückt in cm³ n/10 Na OH
Resolharz	Buchenholzmehl	0,5	5,3
		1,5	15,8
		2,5	18,1
		4,0	19,3
	Fichtenholzmehl	0,5	5,0
		1,5	5,7
		2,5	8,2
		4,0	9,4
Novolakharz	Buchenholzmehl	0,5	6,6
		1,5	15,4
		2,5	19,4
		4,0	20,4
	Fichtenholzmehl	0,5	4,5
		1,5	10,8
		2,5	11,3
		4,0	13,4

Bei Mischungen vom Typ S, in denen der Hexagehalt zwischen 3 ... 14 %, bezogen auf den Harzanteil von 45 % Novolakharz + Hexa in der Gesamtmischung, geändert wurde, ergab sich ebenfalls ein Ansteigen der abgespaltenen Essigsäure (Bild 3).

Systematisch aufgebaute Versuchspreßmischungen, bei denen Harzanteil, Harzart, Füllstoffanteil und -art in bestimmter Weise verändert wurden, wurden zu Preßteilen verarbeitet und in den Tropenraum eingelagert. Es zeigte sich, daß harzreiche Mischungen sich allgemein günstiger verhielten, als harzärmere. Dies ist dadurch zu erklären, daß das Holzmehl stärker mit Harz durchtränkt wird;

außerdem ist der Holzmehlanteil entsprechend geringer. Geringere Essigsäureabspaltung ist die Folge.

Harzgehalt in %	Essigsäurezahlen = verbrauchte cm³ n/10 Na OH			
	Weichholzmehl		Hartholzmehl	
	Novolak	Resol	Novolak	Resol
30	6,9	5,6	11,8	10,0
40	5,2	4,0	10,8	8,6
45	4,8	3,8	8,4	6,3
50	3,6	3,0	7,6	5,7
55	2,3	2,2	7,0	4,6

Es war naheliegend, auf Grund der Erkenntnis, daß Essigsäure und Ammoniak in erster Linie für Korrosionen an Einbaumetallen im Preßstoff verantwortlich sind, zu untersuchen, wo die Schädlichkeitsgrenze dieser Stoffe liegt, und hierauf ein Kurzprüfverfahren zur Vorherbestimmung der Tropenbeständigkeit aufzubauen. Beide lassen sich mit Hilfe eigens hierfür entwickelter Analysenverfahren mit praktisch befriedigender Sicherheit bestimmen. Beide Verfahren ergeben, wie dies bei der Vielfältigkeit der chemischen Vorgänge innerhalb der Preßmassen und ihres verwickelten chemischen Aufbaus verständlich ist, nur relativ gültige Werte. Zur Bestimmung des Ammoniaks bzw. der Ammonsalze wurde folgendes Analysenverfahren angewendet:

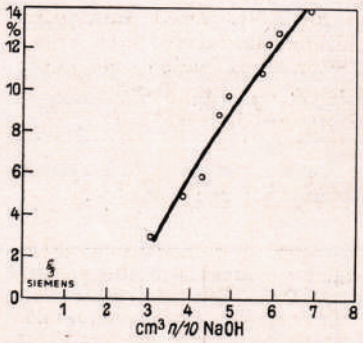


Bild 3. Abhängigkeit der Essigsäureabspaltung $\left(\text{in cm}^3 \frac{n}{10} \text{ Na OH}\right)$ vom Hexamethylentetramingehalt (in %).

Ein Schobscher Rippenbecher, der mit 3 min Brennzeit bei 170° hergestellt worden war, wurde als Untersuchungsprobe benutzt. Sechs von den 3 mm starken Rippen des Bechers wurden ihrerseits wieder in sechs annähernd gleiche Teile von etwa 1 cm² zerbrochen. Die Einwaage betrug somit etwa 20 g. Durch dieses Verfahren sollte erreicht werden, daß man bei annähernd gleicher Einwaage gleiche Oberflächen und eine gleiche Zahl von Bruchflächen bekam.

Die Einwaage wurde in einem 500 cm³ fassenden Rundkolben mit angeschliffenem Destillationsaufsatz nach Kjeldahl und vorgelegtem Schlangenkühler mit 150 cm³ 15prozentiger Natronlauge versetzt und mit mittlerer Flamme eines Teclu-Brenners zum Kochen gebracht. Das Sieden der Flüssigkeit wird so geregelt, daß im Verlauf von 30 Minuten vom Beginn des Siedens an gerechnet 100 cm³ Destillat übergehen. Das Destillat wird in einer Vorlage, die durch fließendes Wasser von außen gekühlt ist und 50 cm³ $\frac{n}{10}$ Schwefelsäure enthält, aufgefangen. Der Säureüberschuß wird mit $\frac{n}{10}$ Na OH zurücktitriert. An Stelle des Teclu-Brenners kann man auch ein auf 160 ... 165° erhitztes Flüssigkeitsbad benutzen. Bei Innehaltung der angegebenen Versuchsbedingungen arbeitet das Verfahren recht genau und gibt gut reproduzierbare Werte.

Die freie Essigsäure wurde in folgender Weise bestimmt: Ein Rippenbecher, der bei 170° und 3 min Brennzeit gepreßt worden ist, wird geraspelt. Der geraspelte Werkstoff wird durch ein 1 mm-Sieb geschüttet. Von dem Ausgesiebten werden 10 g eingewogen und in 100 cm³ Wasser suspendiert. Nach fünfstündigem Stehen bei Zimmertemperatur wird abgefiltert und so lange ausgewaschen, bis das Filtrat rd. 150 cm³ beträgt.

Das Filtrat wird in einen 500 cm³-Schliffkolben, der zur Wasserdampfdestillation mit Einleitungsrohr und angeschmolzenem Destillationsaufsatz nach Kjeldahl versehen ist, getan und 10 cm³ 83prozentige Phosphorsäure dazugegeben. Die Wasserdampfdestillation wird in bekannter Weise derart geleitet, daß in einer Stunde etwa 600 cm³ wässrige Lösung überdestillieren. Das Ende der Destillation ergibt sich durch Prüfung des aus dem Kühler laufenden Destillats mit Lackmuspapier. Zum Destillat werden 20 Tropfen Lackmuslösung hinzugegeben und danach mit n/10 Natronlauge bis zum ersten Farbumschlag nach Blau, der $^1/_2$ min lang bestehen bleiben soll, titriert.

Um die Schädlichkeitsgrenze der Einwirkung von Ammoniak und Essigsäure zu ermitteln, wurde eine große Anzahl von Preßteilen aus den verschiedensten Phenolharz-Holzmehlmischungen acht Wochen lang in den Tropenraum eingelagert. Man verpreßte hierzu stets den Schobschen Rippenbecher, der 3 min bei 170° gebrannt wurde. In die Preßteile wurden die Metalle Messing, Kupfer, Eisen und verzinktes Eisen eingelegt. Der Grad der Einwirkung wurde laufend und regelmäßig beobachtet. Zugleich wurde die Veränderung der Oberfläche der Preßteile (Ausscheidungen, Klebrigkeit, Schimmelbildung, Glanzverlust) festgestellt.

Die Ergebnisse waren teilweise recht widerspruchsvoll, was auch bei einer so ungleichartigen Werkstoffzusammensetzung, wie sie im Preßstoff vorliegt, verständlich ist. Außerdem wurden die Beobachtungen oft durch örtliche Korrosionen gestört, die nicht mit Sicherheit auf Ausscheidungen aus dem Preßstoff zurückgeführt werden konnten. Trotzdem gelang es durch systematisches Vergleichen der Tropenraumbeobachtungen mit den analytisch gefundenen Ammoniak- und Essigsäurewerten unter Heranziehung umfangreicher Beobachtungsunterlagen die Grenze zu ermitteln, bis zu der Ammoniak und Essigsäure in einer Preßmasse unschädlich sind.

Sie liegt für Ammoniak bei etwa 0,015 % und für Essigsäure bei etwa 0,180 %.

Phenolharz-Holzmehlpreßmassen, die weniger als 0,015 % Ammoniak enthalten — es kann sich hier nur um ammoniakarme und S*-Massen oder um 0-Massen handeln, sind immer unschädlich in bezug auf Korrosion von Metallen; wie vorher ausgeführt wurde, ist bei Gegenwart nur kleiner Mengen freien Ammoniaks auch die Essigsäureabspaltung entsprechend niedriger. Bei normalen S-Massen findet man Essigsäuregehalte bis zu 0,45 %; die entsprechenden Ammoniakgehalte liegen meist zwischen 0.1 und 0,25 %.

Auf Grund der Analysenbefunde kann bei Preßstoffen, deren Essigsäure- und Ammoniakwerte über der angegebenen Schädlichkeitsgrenze liegen — es handelt sich hier also praktisch um fast alle S-Massen — eine 100prozentige zutreffende Aussage über das Tropenverhalten nicht gemacht werden, jedoch gelten im allgemeinen die Richtlinien, daß höhere Werte auch eine höhere Unbeständigkeit bedeuten.

Die Aufstellung einer feststehenden Tropengütereihe für die Phenolharz-Holzmehlpreßmischungen des Handels ist, wie sich aus den Untersuchungen und Beobachtungen ergeben hat, nur mit erheblicher Einschränkung möglich, da die Konstanz der hierfür entscheidenden Faktoren selbst bei ein und derselben Preßmasse von dem gleichen Hersteller nicht mit Sicherheit gewährleistet ist. Hierbei bedarf es gar nicht einmal einer grundsätzlichen Rezeptänderung, sondern es genügt z. B. schon die Verwendung eines Holzmehls anderer Herkunft oder anderer Kornfein-

heit, um ein abweichendes Verhalten hervorzurufen. Es ist wahrscheinlich, daß noch eine ganze Reihe anderer, z. T. vielleicht noch gar nicht erkannter Faktoren dabei eine Rolle spielt, wie z. B. die P_H-Werte des Harzes oder die Wasseraufnahmefähigkeit der Preßmassen, die teils durch chemische Einflüsse, teils durch das Gefüge der angewendeten Füllstoffe und ihre ad- bzw. absorbierenden Eigenschaften bestimmt sein kann. Auch Brennzeit und Brenntemperatur wirken sich, wie schon erwähnt, zumindest auf die Essigsäureabspaltung, aber auch auf den Gehalt an freien Phenolen, Ammoniak und Formaldehyd, sowie den Verdichtungszustand des Preßstoffgefüges, und damit auf die Absorptions- und Diffusionseigenschaften, besonders der Preßstoffoberfläche aus.

Zusammenfassend läßt sich folgendes Ergebnis feststellen:

Es war bekannt, daß unter Tropenverhältnissen Essigsäure- und Ammoniakabspaltung bei Preßstoffen zu Zersetzungserscheinungen an eingebauten oder eingepreßten Metallen führen können. Um die Leistungen und die Sicherheit der in tropischen Gegenden und unter ähnlichen Verhältnissen gebrauchten Maschinen und Geräte weiter zu verbessern, wurde den Laboratorien der Siemens-Werke die Aufgabe gestellt, mit Hilfe von Tropenraumeinlagerungsversuchen, Korrosionsversuchen und systematisch aufgebauten Versuchspreßmischungen größere Klarheit über die Vorgänge zu schaffen, die durch die Wechselwirkung der einzelnen Komponenten im Preßstoff miteinander in feuchtheißem Tropenklima zu den beobachteten Essigsäure- und Ammoniakabspaltungen führen.

Als günstig für das Verhalten von Phenolharz-Holzmehlpreßmischungen ergab sich folgendes:

1. Verwendung von Weichholzmehl, z. B. Fichtenholzmehl.
2. Anwendung möglichst harzreicher Mischungen, mindestens 50 % Harzgehalt.
3. Vermeidung hoher Magnesiumoxydgehalte.
4. Vermeidung unnötiger Überschüsse von Hexamethylentetramin bei Preßmischungen auf der Basis Novolakharz.
5. Verwendung schnell härtender Resolharze ohne ammoniakabspaltende Härtebeschleuniger.
6. Die analytisch gefundenen Essigsäurewerte sollen nicht höher als bei 0,18 % liegen.
7. Die analytisch gefundenen Ammoniakwerte sollen höchstens 0,015 % betragen.

Mit Hilfe besonders für diesen Zweck entwickelter Essigsäure- und Ammoniakbestimmungsverfahren gelang es, wenn auch nicht 100prozentig sichere, so jedoch praktisch genügend zuverlässige Aussagen über die Tropenbeständigkeit von Phenolharzpreßmischungen zu machen.

AUS DER GESCHICHTE DES HAUSES SIEMENS

Leitungsbau am Gestänge der Indo-Europäischen Telegraphenlinie.

In diesem Jahr sind es gerade 75 Jahre her, daß Siemens & Halske mit der Errichtung der Indo-Europäischen Telegraphenlinie begannen[1]), die England auf dem Landwege mit Indien verband und als eines der größten

Bild 1. Leitungsführung der Indo-Europäischen Telegraphenlinie auf russischem Gebiet

Ingenieurwerke des vergangenen Jahrhunderts angesehen werden kann. Beim Leitungsbau wurden Gebiete berührt, die gegenwärtig durch das Geschehen des Krieges in den Mittelpunkt des Interesses gerückt sind. Das gilt in erster Linie für die am Schwarzen Meer und im Kaukasus verlaufenden Streckenabschnitte (Bild 1). Hier war die Linienführung so, daß bei Odessa das Schwarze Meer erreicht wurde. Von dort aus ging dann die Leitung über Nicolajew, Cherson, Perekop zur Halbinsel Krim, die sie über Simferopol, Feodosia und Kertsch durchschnitt, um nach der Überbrückung der Straße von Kertsch mit einem Kabel an der Südküste des Asowschen Meeres nach Temruk und dann längs des Kuban nach Krasnodar zu gelangen. Nach Überschreitung der Ausläufer des Kaukasus wurde bei dem Ort Džubsk wieder das Schwarze Meer erreicht. Hier schloß sich ursprünglich ein Seekabel an, das bei Poti das Festland erreichte. Nach der Zerstörung dieses Kabels durch Naturereignisse wurde auch die Küstenstrecke als Freileitung ausgeführt. Weiterhin verlief dann die Linie über Tiflis bis zur persischen Grenze bei Džulfa, um über Täbris und Teheran schließlich den Persischen Golf bei Buschir zu erreichen. Hier schlossen sich dann die Seekabel nach Indien an. Nach der Inbetriebnahme der Linie im Jahr 1870 war es möglich, von London aus bis Karachi in Indien, ja sogar bis Kalkutta über eine Entfernung von annähernd 10 000 km unmittelbar zu telegrafieren. Fast die ganze Linie war als Freileitung mit 5 mm dickem Eisendraht ausgeführt, der überwiegend auf eiserne Masten an besonderen Isolatoren befestigt war. Diese Eisenmaste stellten eine eigens für die Beförderung und die Aufstellung im gebirgigen Gelände geschaffene Bauart dar. In zerlegtem Zustand konnten sie leicht auf Maultieren befördert werden, zu ihrer Aufstellung genügten dank der großen Bodenplatte Löcher geringer Tiefe, die auch im felsigen Boden leicht hergestellt werden konnten. Zu eisernen Masten hatte man sich auch deswegen entschlossen, weil man eine längere Lebensdauer erwartete. Diese Annahme hat sich dann auch in geradezu überraschender Weise als richtig erwiesen. Die Linie selbst ist mit einer Unterbrechung durch den ersten Weltkrieg bis zum Jahre 1931 in Betrieb geblieben, allerdings waren zu dieser Zeit in Deutschland die Freileitungen bereits durch Kabel ersetzt. Nach der Aufgabe der Gesamtlinie sind

Bild 2. Soldaten der deutschen Luftwaffe beim Leitungsbau an einem Mast der Indo-Europäischen Telegraphenlinie (PK.-Aufnahme).

[1]) Vgl. Siemens-Z. Bd. 19 (1939), Heft 12, S. 567.

jedoch die einzelnen Teilstücke auch noch weiter benutzt worden. Insbesondere sind die Masten erhalten geblieben und dienen noch heute ihrem Zweck. Es ist eine eigenartige Fügung des Geschicks, die gleichzeitig von der dauerhaften deutschen Arbeit zeugt, wenn heute nach 75 Jahren Soldaten der deutschen Luftwaffe beim Leitungsbau in einer Sumpfniederung am Schwarzen Meer dieselben Masten wieder benutzen konnten (Bild 2). Man sieht einen der alten zerlegbaren Masten, bei dem man den Absatz, wo das obere Eisenrohr in das untere stärkere eingesteckt ist, deutlich erkennen kann. Lediglich die Isolatoren, die ursprünglich unmittelbar am Mast befestigt waren, wurden durch solche ersetzt, die an Querträgern angebracht sind.

J.

KLEINE MITTEILUNGEN

Relaisgestelle unter Verwendung von Kleinrelais.

Vor einiger Zeit wurde in dieser Zeitschrift ein neuartiges Gleich- und Wechselstromrelais beschrieben, das sich durch besonders kleine Einbaumaße von den bisher bekannten Relaisbauten unterscheidet[1]). Dieses Relais, ursprünglich in erster Linie für die Verwendung in einfachen Lichtruf- und Personensuchanlagen gedacht, hat infolge seiner günstigen Eigenschaften sowohl in elektrischer Beziehung als auch hinsichtlich seiner raumsparenden Einbaumöglichkeiten einen derartigen Anklang gefunden, daß es schon jetzt, kurze Zeit nach seiner Entstehung, auf sehr vielen Gebieten der elektrischen Nachrichtentechnik verwendet wird. Darüber hinaus dient es auch in einer ganzen Reihe von Sondergeräten, die nicht der eigentlichen Nachrichtentechnik angehören, häufig als Hilfsrelais. Während bei dem letztgenannten Verwendungszweck bezüglich des Einbaues keine besonderen Überlegungen erforderlich sind, ist die Sachlage bei der Verwendung in Fernmelde- und Signalanlagen anders. Sofern es sich hier um den Einbau nur eines Relais handelt, liegen die Verhältnisse ebenfalls klar. Schwieriger ist es jedoch, wenn eine Fernmeldeanlage infolge ihrer besonderen Betriebsbedingungen die Verwendung einer größeren Zahl dieser Relais erforderlich macht. In einem solchen Fall ist, genau wie in der Fernsprech- oder Fernschreibtechnik die Zusammenfassung der Relais auf Schienen und der Zusammenbau der Schienen in Gestellen oder Wandrahmen das Gegebene.

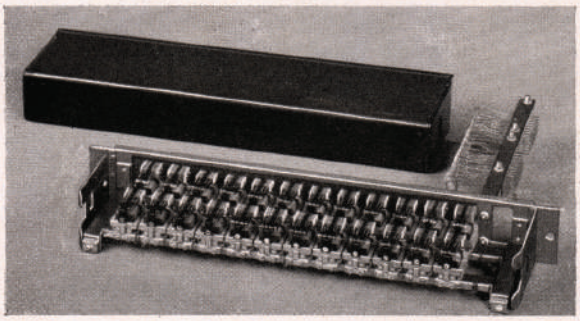


Bild 1a. Neue Relaisschiene mit 2 × 12 Kleinrelais.

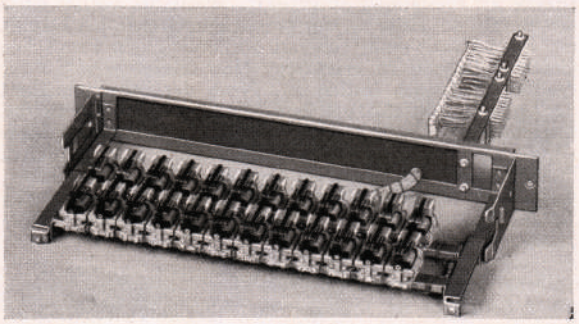


Bild 1b. Verschiebbarer Schlitten, vorgezogen.

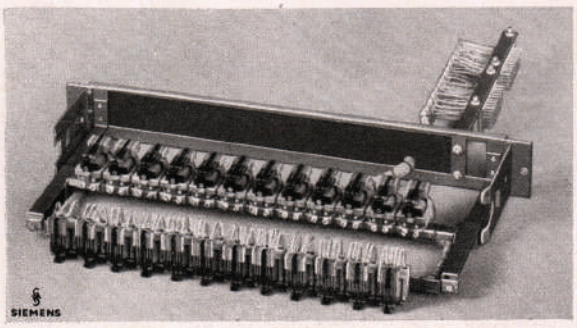


Bild 1c. Schlitten vorgezogen und tragende Flachschiene um 90° gekippt.

Infolge der von den sonst verwendeten Relaisbauformen abweichenden Bau- und Befestigungsart des Kleinrelais würde die bisher übliche Einbauweise die Vorzüge des neuen Relais nicht genügend zur Geltung bringen. Da die Platzersparnis bei Verwendung des Kleinrelais in der Längsrichtung, nicht aber in der Höhen- oder Breitenausdehnung liegt, wäre es nicht möglich, von diesen Relais eine größere Zahl als bisher auf einer Schiene unterzubringen, wenn man sie in der gleichen Weise anordnen würde, wie z. B. die bekannten Rundrelais.

Über die durch die besondere Bauart des Relais selbst erzielten Rohstoffeinsparungen hinaus soll natürlich auch der Bedarf an Baustoffen für den Einbau auf ein Mindestmaß herabgedrückt werden. Faßt man die Relais auf kleinerem Raum als bisher zusammen, so wird einerseits der Eisenbedarf infolge der geringeren Zahl von Gestellen kleiner, es lassen sich dadurch aber auch wegen der kürzeren Zuführungen erhebliche Mengen an Kupfer im Kabel einsparen. Aus diesen Gründen wurde eine neue Relaisschiene entwickelt, bei der die Relais in zwei Reihen hintereinander angeordnet sind (Bild 1 a). Hierdurch ist es möglich, auf einer Schiene, die zur Aufnahme von 14 Rundrelais (z. B. Bauform Fg. rls. 60) geeignet ist, unter sonst gleichen Voraussetzungen 24 Kleinrelais unterzubringen. Dabei werden die Abmessungen in der Richtung der Relaisachse und auch in der Höhe nicht größer als bisher, es lassen sich also die gleichen Abdeckkappen verwenden wie bei den bisher bekannten Schienen. Deshalb ist es auch möglich, in ein und demselben Gestell Schienen alter und neuer Ausführung nebeneinander anzuordnen, ohne daß das Relaisgestell dadurch uneinheitlich aussieht.

Da nun bei der gewählten Anordnung der Relais eine Pflege (Federsatzjustierung, Lötstellen-Überwachung, Auswechseln ganzer Relais) nicht ohne weiteres möglich ist (insbesondere in der hinteren Reihe), weist die Konstruktion folgende Besonderheiten auf:

Die beiden die Relais tragenden Flachschienen sind zu einem in Achsrichtung der Relais verschiebbaren Schlitten ausgebildet. Dieser Schlitten wird bei der Schiene, an der z. B. eine Störung zu beseitigen ist, herausgezogen, so daß sowohl ein etwaiges Auswechseln eines Relais als auch das Nachjustieren der Federsätze leicht durchführbar ist (Bild 1 b). Eine Überwachung der Lötstellen in der hinteren Relaisreihe ist bei nicht herausgezogenem Schlitten nach Abnehmen der Staubschutzplatte von der Rückseite des Gestelles her möglich. Bei der vorderen Relaisreihe ist für diesen Zweck der Schlitten herauszuziehen und dann die die Relais tragende Flachschiene um 90° zu kippen, so daß die Lötstellen zugänglich werden (Bild 1 c).

Kr.

[1]) Vgl. F. Weingärtner und G. Böttcher: „Ein neuartiges Wechselstromrelais kleinster Abmessungen mit Starkstrom- und Schwachstromkontakten." Siemens-Z. Bd. 21 (1941). Heft 3, S. 116.

Elektromagnetisches Druckluftventil.

Das von den SSW entwickelte schlagwettergeschützte Druckluftventil ist in erster Linie für den rauhen Bergwerkbetrieb gedacht. Es findet hier sowohl über- als auch untertage Verwendung, vorzugsweise in schlagwettergefährdeten Gruben. Selbstverständlich kann es ebensogut in explosionsgefährdeten Betrieben der Industrie, z. B. in der chemischen, benutzt werden.

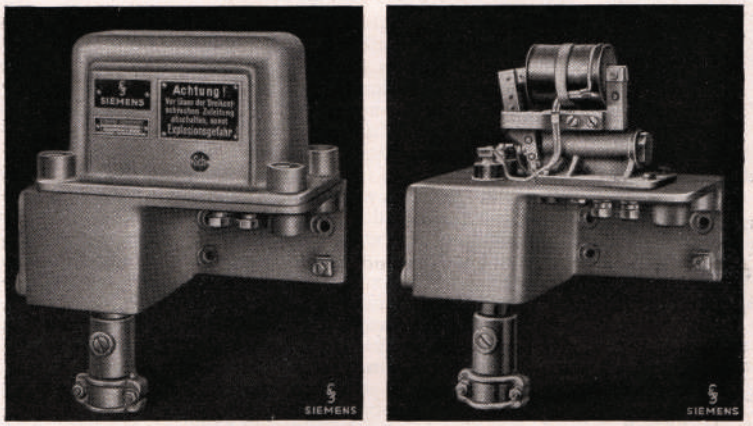


Bild 1. Elektromagnetisch gesteuertes Druckluftventil.

Das elektromagnetische Druckluftventil dient zur Steuerung von einseitig beaufschlagten Druckluftkolben für Einrichtungen, die mit Druckluft betätigt werden, z. B. Bremsen, Schaltwerke, als Vorventil für Hauptventile und ganz besonders für ferngesteuerte Druckluftverbraucher.

Das kräftige gußeiserne Gehäuse des Gerätes (Bild 1) ist als druckfeste Kapselung nach VDE 170 ausgeführt. Das Gehäuse ist zur Befestigung an der Wand ausgebildet und gestattet den bequemen Anschluß der Druckluftleitungen und der elektrischen Leitungen.

Die Wirkungsweise ist folgende (Bild 2): Der Ventilkörper *a* ist gleichzeitig Träger des Elektromagneten *b* und seines Ankers *c*. Wird der Magnet erregt, dann drückt er mit der Verstellschraube *d* auf den Ventilstößel *e* und betätigt die beiden Ventile f_1 und f_2; das Auspuffventil f_1 wird geschlossen und das Eintrittsventil f_2 geöffnet.

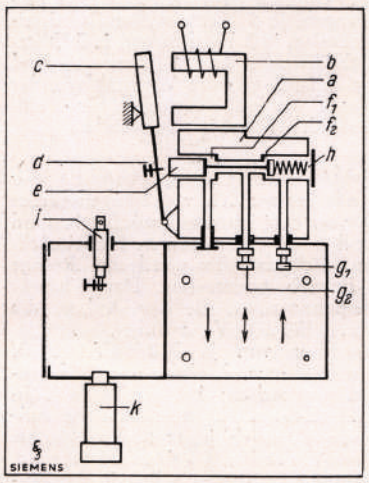


Bild 2. Wirkungsweise des elektromagnetisch gesteuerten Druckluftventils.

Die beim Anschlußnippel g_1 eintretende Druckluft strömt nun über das Ventil f_2 und den zweiten Anschlußnippel g_2 in den Verbraucher. Wird der Magnetstromkreis unterbrochen, so gibt er den Anker frei. Die Gegenfeder *h* drückt den Ventilstößel in seine Ausgangslage zurück, schließt dabei das Ventil f_2 und öffnet das Ventil f_1. Dadurch wird die Druckluftzufuhr unterbunden und die den Verbraucher beaufschlagende Druckluft kann über den Anschlußnippel g_2 und das Auspuffventil f_1 entweichen.

Ein an das Wandgestell angegossener Anschlußkasten in der Bauart für erhöhte Sicherheit ist mit zwei schlagwettergeschützten Durchführungsklemmen *i* und dem Kabelstutzen *k*, der das Einführungskabel aufnimmt, versehen.

Das Druckluftventil ist für einen Betriebsdruck bis zu 6 at ausgeführt. Es ist sowohl für Wechsel- als auch für Gleichstrom geeignet. Höchste Betriebspannung beträgt 500 V bei 50 Hz.

Bei angezogenem Anker wird eine Wechselstromleistung von 60 VA, bei abgefallenem Anker 160 VA aufgenommen. Bei Gleichstrom beträgt die Leistungsaufnahme 16 W.

Der Magnet ist für Dauereinschaltung geeignet. Wa.

Elektrische Bühneneinrichtungen während des Krieges.

In Deutschland hat man die Bedeutung der Theater für das Kulturleben des Volkes mit solcher Klarheit erkannt, daß man trotz des Krieges den Ausbau von Bühnenanlagen in jeder Hinsicht fördert. Die Elektrotechnik ist an den Fortschritten der Theaterkultur stark beteiligt, da sie der Darstellungskunst bessere Möglichkeiten bietet, den Ideen der Dichter und den Bemühungen der Darsteller eindrucksvolle Wirkungen zu verleihen. Damit hilft sie, die Theaterfreudigen in gehobene Stimmung zu versetzen und dem Theater weitere Kreise zu gewinnen. Daß die lebhafte Tätigkeit für die Bühnen sich in Front und Heimat bereits fühlbar und segensreich ausgewirkt hat, haben wir in den letzten Jahren in reichem Maße an den deutschen Menschen erfahren. Ein früherer Bericht in dieser Zeitschrift über die „Fortführung des Ausbaus von Bühnenanlagen[1])" schildert eine ganze Reihe von Bühnenanlagen, die von den Siemens-Schuckertwerken verbessert, erweitert oder ganz erneuert wurden. Ein großer Teil solcher Anlagen ist bereits während des Krieges in Betrieb genommen worden und damit an den neuen Erfolgen der Theaterkultur beteiligt.

Im Nachstehenden sollen einige elektrische Bühnenbeleuchtungsanlagen für Theater im Osten des Reiches, in den wieder- und neugewonnenen Ostgebieten, sowie in Serbien, Schweden und Ungarn beschrieben werden. Es sind dies die Theater in Beuthen, Warschau, Königshütte, Sosnowitz, Litzmannstadt, Bielitz, Dtsch.-Przmysl, Kielce, Tschenstochau, Beograd, Malmö, Nagyvarad (Groß-Wardein, Ungarn) und Budapest.

Vom Stadttheater in Bromberg, dessen elektrische Einrichtungen durch die SSW vollkommen erneuert wurden, und das am 6. Oktober 1940 wieder in Betrieb genommen wurde, berichteten wir schon[2]).

Das Oberschlesische Landestheater in Beuthen.

Dieser Auftrag ist den SSW bereits erteilt, obwohl noch nicht festliegt, wann mit dem geplanten Umbau des Bühnenhauses, das wesentlich vergrößert werden soll, begonnen werden kann. Zur Lieferung sind vorgesehen: 1 Hoch- und Niederspannungschaltanlage, 1 vierreihiges Bühnenstellwerk mit 4 × 36 Hebeln für zwei Laufrichtungen und motorischem Einzelantrieb jeder Stellwerkwelle, 3 Drehstrom-Bordoni-Großregler für 144 Regelstromkreise, 6 m Fußrampen, 33 m Oberlichter mit Spiegelreflektoren, 26 Scheinwerfer für verschiedene Zwecke, 6 Spiegellinsen-Scheinwerfer als Vorbühnenscheinwerfer und 2 Bildwerfer, 8 Spielflächenleuchten, 48 Horizont-Einzelleuchten, 8 Horizont-Versatzleuchten und 1 Wolkenapparat. Die Anlage erhält eine eigene Umspannstation, die von dem zuständigen Elektrizitätswerk erstellt wird und dem Theater die Gebrauchspannung von 380/220 V übermittelt. Die Niederspannungsverteilung wird als gußgekapselte Anlage ausgeführt. Außerdem erhält das Theater eine den Vorschriften entsprechende Not- und Zusatz-Notbeleuchtungsanlage.

[1]) Vgl. Siemens-Z. Bd. 20 (1940), Heft 1, S. 25.
[2]) Vgl. a. a. O. S. 28.

Das Theater der Stadt Warschau.

Das Theater der Stadt Warschau (s. Bild).

An Stelle der zerstörten beiden Staatstheater wurde das frühere „Teatr polski" mit der im Jahre 1913 von den SSW erbauten elektrischen Anlage nach ihrer Überholung im Herbst 1940 in Betrieb genommen. Für die Erneuerung der Bühnenbeleuchtungsanlage sind vorgesehen: 1 vierreihiges Bühnenstellwerk mit 4 × 24 Hebeln für zwei Laufrichtungen, 2 Drehstrom-Bordoni-Großregler 380/220 V für 96 Regelstromkreise, 1 Drehstrom-Ringreglersatz für Fernsteuerung durch Schrittschaltwerkantrieb zur Verdunklung der Zuschauerraumbeleuchtung, 54 m Oberlichter mit Spiegelreflektoren, 1 Horizont- und Spielflächenbeleuchtungsanlage, 1 Wolkenapparat, verschiedene Scheinwerfer auf der Bühne und 2 Spiegellinsen-Scheinwerfer als Vorbühnenscheinwerfer mit elektromotorisch ferngesteuerten Farbscheibenmagazinen. Im übrigen wird die bestehende Anlage den neuesten Errichtungsvorschriften, insbesondere denjenigen für Theater nach VDE 0108 vom 1. Januar 1942 angepaßt.

Das Stadttheater in Königshütte.

Das Theater, zu polnischen Zeiten als Lichtspieltheater erbaut, wurde zum Stadttheater umgewandelt. Die Bühne erhielt eine Regelanlage, bestehend aus: 1 Bühnenstellwerk mit 3 × 16 Hebeln für zwei Laufrichtungen, 1 Drehstrom-Bordoni-Großregler zum Anschluß an die Betriebspannung von 380/220 V für 48 Regelstromkreise, 1 Ringregler für Fernsteuerung durch Schrittschaltwerkantrieb für die Verdunklung des Zuschauerraumes. Außerdem wurde 1 Oberlicht mit Spiegelreflektoren geliefert und eine Verstärkung der vorhandenen Scheinwerfer-, Horizont- und Spielflächen- sowie der Vorbühnenbeleuchtung vorgenommen.

Das Theater in Sosnowitz.

Dieses Theater besitzt ein altes, noch aus russischer Zeit stammendes Theatergebäude mit einer kleinen Bühne, deren Tiefe bei der Wiederinstandsetzung durch einen Anbau vergrößert wurde. Geliefert wurden 1 einfaches Bühnenstellwerk mit 24 Hebeln, 3 Wechselstrom-Bordoni-Kleinregler für 24 Regelstromkreise, 1 Ringregler für Fernsteuerung durch Schrittschaltwerkantrieb für die Verdunklung der Zuschauerraumbeleuchtung, 1 Fußrampe, 3 Oberlichter, 8 Bühnenscheinwerfer, 2 Vorbühnenscheinwerfer und 1 Horizont- und Spielflächenbeleuchtungsanlage.

Das Deutsche Theater in Litzmannstadt.

Das Theater, das einem großzügigen Umbau unterzogen wird, erhält eine eigene Umspannstation, die dem Theater die Gebrauchspannung von 380/220 V zuführt. Aufgestellt werden 2 Umspanner von je 75 kVA, 3000/400/231 V mit umfangreicher Niederspannungsschaltanlage. Die Bühnenbeleuchtungsanlage besteht aus: 1 vierreihigen Bühnenstellwerk mit 4 × 20 Hebeln für zwei Laufrichtungen, 12 Wechselstrom-Bordoni-Kleinreglern für 80 Regelstromkreise, 6 m Fußrampen, 40 m Oberlichtern mit Spiegelreflektoren, 16 m Versatzrampen, 1 Horizont- und Spielflächenbeleuchtungsanlage, 16 Scheinwerfern für verschiedene Zwecke und 4 Vorbühnen-Spiegellinsen-Scheinwerfern, die mit vorgebauten Farbscheibenmagazinen für Seilzug versehen sind. Als Bühnensteckvorrichtungen findet die Bauart „Überall" Anwendung. Die Zuschauerraumbeleuchtung wird durch 1 Drehstrom-Ringreglersatz für 13,5 kW Leistung mit Fernsteuerung durch Schrittschaltwerkantrieb verdunkelt. Das Theater erhält eine den deutschen Vorschriften entsprechende Not- und Zusatz-Notbeleuchtungsanlage.

Das Stadttheater Bielitz.

Der für das Jahr 1942 geplante Umbau mußte verschoben werden, weil hierzu nötige Baustoffe aus kriegsbedingten Gründen nicht rechtzeitig genug zur Verfügung gestellt werden konnten. Es wurde ein behelfsmäßiger Betrieb eingerichtet. Die Betriebspannung beträgt 380/220 V. Zu liefern sind eine vollständige Bühnenbeleuchtungsanlage, bestehend aus: 1 Niederspannungschaltanlage, 1 dreireihigen Bühnenstellwerk mit 3 mal 24 Hebeln für zwei Laufrichtungen, 1 Drehstrom-Bordoni-Großregler und 1 Wechselstrom-Bordoni-Kleinregler für zusammen 62 Regelstromkreise, 2 Fußrampen von zusammen 6 m Länge, 4 Oberlichtern mit Spiegelreflektoren von zusammen 24 m Länge, 8 m Versatzrampen, 1 Horizont- und Spielflächenbeleuchtungsanlage, 4 Vorbühnen-Spiegellinsenscheinwerfern, verschiedenen Scheinwerfern zur Verwendung auf der Bühne und 2 Bühnenbildwerfern, um Landschaften und Dekorationen sowie um Wolken, Regen, Wellen u. a. wiederzugeben. Für die Verdunklung der Zuschauerraumbeleuchtung wird 1 Drehstrom-Ringreglersatz für eine Leistung von 13,5 kW mit Fernsteuerung durch Schrittschaltwerkantrieb geliefert. Für die Not- und Zusatz-Notbeleuchtung ist eine Sammelbatterie von 75 Ah mit 56 Zellen bei dreistündiger Entladung vorgesehen. Die Notbeleuchtung wird gewöhnlich vom Netz gespeist und schaltet sich den VDE-Vorschriften entsprechend selbsttätig auf die Batterie um, während die Zusatz-Notbeleuchtung sich selbsttätig einschaltet, wenn ein festgelegter Stromkreis der Allgemeinbeleuchtung im Zuschauerraum gestört ist. Auf der Bühne werden zwei Lampen im ersten Oberlicht für die Zusatz-Notbeleuchtung benutzt. Für das Laden der Batterie wird 1 Quecksilberdampf-Gleichrichter für Schnelladung von 380 V Drehstrom, 120 V Gleichstrom, 30 A aufgestellt.

Die Theater in Przemysl, Radom, Tschenstochau und Tarnowitz.

Hier handelt es sich um mittlere Bühnenanlagen, für die entsprechend ihrer Größe Beleuchtungsanlagen in nachstehendem Umfang vorgesehen und z. T. bereits geliefert wurden: Je 1 dreireihiges Bühnenstellwerk mit 3 × 12 Hebeln für zwei Laufrichtungen, je 5 Wechselstrom-Bordoniregler für 36 Regelstromkreise, je 2 Fußrampen, je 3 Oberlichter, verschiedene Scheinwerfer und 1 Horizont- und Spielflächenbeleuchtungsanlage. Für die Verdunklung der Zuschauerraumbeleuchtung werden Ringregler für Fernsteuerung durch Schrittschaltwerkantrieb verwendet.

Das Nationaltheater in Belgrad (Serbien).

Das Theater sollte in kürzester Zeit, und zwar zunächst behelfsmäßig innerhalb von drei Monaten wieder instand gesetzt und anschließend einer vollständigen Neueinrichtung unterzogen werden. Behelfsmäßig wurde die Anlage im Frühjahr 1942 in Betrieb genommen. Das Theater erhält eine eigene Umspannstation, die der Anlage die Gebrauchspannung von 380/220 V zuführt. Aufgestellt werden 2 Umspanner von je 320 kWA, 6000/400/231 V. Für den endgültigen Einbau der Bühnenbeleuchtungsanlage sind vorgesehen: 1 vierreihiges Bühnenstellwerk mit 4 × 32 Hebeln für zwei Laufrichtungen und motorischem Einzelantrieb jeder Stellwerkreihe, 2 Drehstrom-Bordoni-Großregler für 108 Regelstromkreise, 1 Leonardsatz zur Reglung der Geschwindigkeit der Antriebsmotoren, 8 m Fußrampen, 82 m Oberlichter mit Spiegelreflektoren, 6 Versatzleuchten, 24 Scheinwerfer für die verschiedensten Zwecke, 2 Bildwerfer, 44 Horizont- Einzelleuchten, 4 Quecksilberdampf- und 10 Glühlicht-Scheibenzugleuchten, 16 Spielflächenleuchten, 1 Wolkenapparat und 1 Bildwerfer zur Darstellung des Sternenhimmels. Sämtliche Regelstromkreise sind über Schütze schaltbar. Zur Betätigung der Schütze wird oberhalb jedes Hebels im Bühnenstellwerk ein Umschalter mit Kennlampe einge-

baut. In den Horizont-Einzelleuchten finden Kinolampen 900 W, 30 V Verwendung. Die Farbscheiben in den Scheibenzugleuchten werden mit Hilfe einer Seilausgleichvorrichtung durch hierfür bestimmte Hebel des Bühnenstellwerks betätigt. Als Bühnensteckvorrichtung findet das System „Überall" Anwendung.

Das Stadttheater in Malmö, Schweden.

Es handelt sich bei dem Stadttheater in Malmö um einen Theaterneubau. Für den ersten Ausbau der Bühnenbeleuchtungsanlage werden geliefert: 1 dreireihiges Bühnenstellwerk mit 3 × 44 Hebeln für zwei Laufrichtungen und einem Gemeinschaftsantrieb, 2 Drehstrom-Bordoni-Großregler für 108 Regelstromkreise, 14 m Fußrampen, 74 m Oberlichter mit Spiegelreflektoren und 20 m Oberlichter der offenen Bauart.

Das Stadttheater Nagyvarad (Groß-Wardein), Ungarn.

Für den ersten Ausbau dieses Theaters wurde den SSW der Auftrag zur Lieferung eines dreireihigen Bühnenstellwerks mit 3 × 20 Hebeln für zwei Laufrichtungen, 1 Drehstrom-Bordoni-Großreglers und 1 Wechselstrom-Bordoni-Kleinreglers für 62 Regelstromkreise, verschiedener Scheinwerfer und zum Einbau einer Notbeleuchtungsanlage erteilt. Für die Regelstromkreise findet die Schützsteuerschaltung Anwendung, und zu diesem Zweck erhält das Stellwerk oberhalb jedes Hebels einen Umschalter mit einer Kennlampe.

Das Hauptstädtische Theater Budapest.

Der Auftrag erstreckt sich auf Lieferung einer neuzeitlichen Regel- und Schaltanlage. Die Regelanlage besteht aus einem vierreihigen Bühnenstellwerk mit 4 × 28 Hebeln für zwei Laufrichtungen (vorgesehen für spätere Angliederung des motorischen Antriebes) und 2 Drehstrom-Bordoni-Großreglern für 108 Regelstromkreise. Sämtliche Regelstromkreise werden über Schütze geschaltet. Zur Betätigung der Schütze ist oberhalb jedes Hebels im Stellwerk ein Umschalter mit Kennlampe eingebaut.

Während der lebhaften Tätigkeit der SSW im Ausbau von Bühnenanlagen des neuen deutschen Ostens haben die Arbeiten im Reichsgebiet und in den westlichen besetzten Gebieten nicht geruht. Die großzügige Erneuerung der Bühnenanlagen im deutschen Reichsgebiet setzte schon vor dem Kriege ein, und zwar mit dem umfassenden Ausbau der Bühneneinrichtungen des Gautheaters Westmark[3]) in Saarbrücken, für das sich der Führer persönlich einsetzte. Die Wiedererneuerung der deutschen Bühnen wurde gekrönt durch die mitten im Kriege fertiggestellte weltberühmte Weimarer Bühne[4]). Über beide Anlagen haben wir seinerzeit ausführliche Arbeiten veröffentlicht. Berichte vom Ausbau weiterer Bühnen im deutschen Reichsgebiet und im anschließenden Westen sollen einer späteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben. Joh.

[3]) Vgl. Siemens-Z. Bd. 19 (1939), Heft 1.
[4]) Vgl. Siemens-Z. Bd. 21 (1941), Heft 1.

SIEMENS-SCHRIFTTUM*)

Bahl, J. Elektroschiffe. *Progressus Bd. 7 (1942), S. 853···856.*

Bauer, F. Zum 50. Todestag von Werner Siemens. *Elektrizitätswirtsch. Bd. 40 (1942), S. 527···530.*

Bocker, H. Neuzeitliche Gestaltung von Fernmeldeanlagen für die Feuerschutzpolizei. *Feuerschutztechn. Bd. 22 (1942), S. 139···146.*

Dardin, F. Ein Hilfsdiagramm für die schnelle Vorausberechnung der Hauptabmessungen einer Kreiselrad-Kältemaschine. *Z. ges. Kälteind. Bd. 49 (1942), S. 137 bis 142.*

Edler, H. Summenschaltung mit Stromwandlern. *Arch. Elektrotechn. Bd. 36 (1942), S. 743···750.*

Edler, H. Über die Meßgenauigkeit von Spitzenzählern. *Elektrizitätswirtsch. Bd. 41 (1942), S. 509···515.*

Fessel, F. Holz als Konstruktionswerkstoff im feinmechanischen Gerätebau. *Feinmech. u. Präz. Bd. 50 (1942), S. 325···331.*

Frank, J. Zur Stabilität der Schwingungen in Schachtwasserschlössern mit unveränderlicher Leistungsentnahme. *Bauingenieur Bd. 23 (1942), S. 149···156.*

Gabler, P. Arbeitsersparnis durch verbesserte Fertigungsmittel (Beispiele aus der feinmechanischen Fertigung). *Masch.-Bau Betrieb Bd. 21 (1942), S. 493···497.*

Gensel, J. Näherungsverfahren zur Berechnung von Einschwingvorgängen an Siebschaltungen. *Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Bd. 11 (1942), S. 299···306.*

Gosewinkel, M. Meßgeräte für die Lärmbekämpfung. *Wärme- u. Kältetechn. Bd. 44 (1942), S. 131···136.*

Hartel, W. Abschätzung der Oberwellen bei gleichstromvormagnetisierten Drosseln. *Arch. Elektrotechn. Bd. 36 (1942), S. 556···572.*

Heintzenberg, Fr. Werner von Siemens als Betriebsführer. *Vierjahresplan Bd. 6 (1942), S. 576···577.*

Holzwarth, H. Zur Theorie der Netzgleichrichterschaltungen. *Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 19 (1942), S. 219···227.*

Kaufmann, H. Der Eingangswiderstand der Dipol-Antennen. *Hochfrequenztechn. Bd. 60 (1942), S. 160···168.*

Kesselring, F. Die „starke" Konstruktion. Einige Ergänzungen zu dem hier erschienenen Aufsatz. *Z. VDI Bd. 86 (1942), S. 749···752.*

Koch, L. Schutz der Feinzinklegierungen vor interkristalliner Korrosion durch galvanische Verzinkung. *Metallwirtsch. Bd. 21 (1942), S. 757···760.*

Koczott, J. Der Blinde am Fernsprech-Vermittlungsplatz. *Techn. Mitt. Siemens (Fernsprechgerät), Dezember 1942, S. 133···135.*

Kupke, E. Der menschliche Leistungsgrad als ein Kernproblem der Leistungssteigerung im Betriebe. *Z. VDI Bd. 86 (1942), 761···768.*

Lübcke, E. Maßnahmen zur Lärmbekämpfung in Betrieben. *Wärme- und Kältetechn. Bd. 44 (1942), S. 179···182.*

Mai, W. Das Reichspostsystem 40. *Techn. Mitt. Siemens (Fernsprechgerät), Dezember 1942, S. 113···120.*

Mühlbauer, E. Maßnahmen und Erfahrungen zur Stromersparnis in feinmechanischen Betrieben. *ETZ Bd. 63 (1942), S. 609···612.*

Noll, F. Krarupkabel für Trägerfrequenzübertragung. *Europ. Fernsprechdienst Bd. 61 (1942), S. 100···114.*

Oertel, F. Leistungsmessungen am Antriebsmotor in der Faserstoffindustrie. *Arch. Techn. Messen Lfg. 135 (1942), V 8261-4.*

Oesterlein, S., und Städter, F. Die elektrischen Antriebe von Zerkleinerungsmaschinen im Bergbau. *Metall u. Erz, Bd. 39 (1942), S. 368···370.*

Panzerbieter, H., und Rechten, A. Subjektive Bestimmung der Güte von Fernsprechverbindungen. Die Verständlichkeitsmessung. Technische Durchführung. *Arch. Techn. Messen Lfg. 138 (1942), V 3719-3.*

Paschen, P. Der Maximumwächter. *ETZ Bd. 63 (1942), S. 557···561.*

Philippi, W. Vom Energieverbrauch elektrischer Fördermaschinen. *Elektr. i. Bergbau Bd. 17 (1942), S. 77···79.*

Rechten, A., s. Panzerbieter, H.

Rihl, W., und Egyedi, A. Die erste mit dem Kondensatorausgleichverfahren ausgeglichene Fernkabelanlage der Königlich Ungarischen Postverwaltung. *Europ. Fernsprechdienst Bd. 61 (1942), S. 135···146.*

Rjosk, H., s. Döhle, H.

Ruska, H. Elektronenmikroskopie durchstrahlter Objekte. *Jahrbuch des Auslandsamtes der Deutschen Dozentenschaft 1942, S. 201···211.*

Saalbach, F. Die Entwicklung der Fernsprechanlagen mit Wählbetrieb in Italien. *Techn. Mitt. Siemens (Fernsprechgerät), Dezember 1942, S. 120···123.*

Sandweg, M. K. Une nouvelle commande multimotorique de machine encolleuses, avec régulation automatique de la tension de chaine. *Melliand Textilber. 15. 12. 1942, S. 123···128.*

Semmler-Alter, E. Übermikroskopische Untersuchungen an Martensit in verschiedenen Anlaßstufen. *Arch. Eisenhüttenw. Bd. 16 (1942), S. 223···226.*

Städter, F., s. Oesterlein, S.

*) Diese Zusammenstellung berücksichtigt den Zeitraum von November bis Dezember 1942.

Strecker, F., und Susani, G. von. Untersuchungen über den günstigsten Bereich der Bezugsdämpfung im Fernsprechverkehr. *Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 19 (1942), S. 241···252.*

Susani, G. von, s. Strecker, F.

Überschuß, A., s. Panzerbieter, H.

Wallot, J. Grundeinheiten und Maßsysteme. 3. *Physik i. regelm. Ber. Bd. 10 (1942), S. 1···6.*

Wallot, J. Zur Definition der Loschmidtschen Zahl. *Phys. Z. Bd. 43 (1942), S. 530···531.*

Wehmann, H., und Lindner, H. Die Lautsprecheranlage des Hauptbahnhofs in München. *Z. ges. Eisenb.-Sich. Bd. 37 (1942), S. 87···91 u. S. 100···104.*

Ziebe, W. Schraub- und Nietvorrichtungen in der feinmechanischen Massenfertigung. *Masch.-Bau Betrieb Bd. 21 (1942), S. 459···462.*

Ziebe, W. Vorrichtungen für Verbindungsarbeiten und automatische Einrichtungen im Zusammenbau. *Feinmech. u. Präz. Bd. 50 (1942), S. 345···355.*

Berichtigung. Infolge einer Namensgleichheit wurde in das „Siemens-Schrifttum", Bd. 22 (1942), S. 135, versehentlich die Arbeit von L. Zötl aufgenommen, der den Siemens-Werken nicht angehört. Ferner gehört der auf Seite 107 des gleichen Bandes genannte W. Fischer den Siemens-Werken nicht mehr an.

EINGESANDTE BÜCHER

Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs. Von Prof. Dr. Bernhard Baule. Verlag von S. Hirzel in Leipzig.

Band 1, Differential- und Integralrechnung, VIII + 152 Seiten, 161 Bilder, 1942, Preis 7,—.

Band 2, Ausgleichs- und Näherungsrechnung, 54 Seiten, 30 Bilder, 1943, Preis RM 2,80.

Die beiden erschienenen Bände bilden den Anfang eines auf 7 Bände geplanten Werkes, in dem das mathematische Handwerkzeug des Naturforschers und Ingenieurs behandelt werden soll. Der Verfasser gibt im Vorwort dem Buch den Wunsch mit, es möge dazu helfen, dem schaffenden Naturwissenschaftler und Ingenieur die eigene Fachliteratur wieder genießbar zu machen. Er hat zweifellos recht, daß manche Fachgenossen gelegentlich Schwierigkeiten haben werden, das theoretische Schrifttum zu verfolgen, in dem zahlreiche, oft schwierige mathematische Abhandlungen enthalten sind. Er macht den dankenswerten Versuch, ein Lehr- und Nachschlagebuch der Mathematik für Naturwissenschaftler, Ingenieure und Praktiker zu schaffen, das die Grundlagen für die vorwiegend gebrauchten mathematischen Wissensgebiete kennen lehrt. Dieser Versuch ist so gut geglückt, daß das Lesen der beiden bisher erschienenen Bände sehr viel Freude macht. Der Berichter ist überzeugt, daß es anderen Ingenieuren unseres Hauses ebenso gehen wird.

Wenn der Verfasser weiter darauf hinweist, daß die mathematische Strenge und Vollständigkeit oft hinter praktischen Gesichtspunkten zurücktreten müßte, so klingt ein leises Bedauern hindurch. Wir wissen aber dem Verfasser gerade deswegen Dank, weil er sich entschlossen hat, viele Dinge wegzulassen, die den Fortschritt aufhalten, wie z. B. die oft recht umständlichen Existenzbeweise. Sie scheinen dem Mathematiker meist unentbehrlich zu sein, erschweren aber dem Physiker und Laboratoriumsingenieur den Zugang zu den mathematischen Lehren und machen manche Bücher für ihn geradezu ungenießbar. Vor allen Dingen, wenn der Leser die Hochschule schon längere Zeit verlassen hat und seine Kenntnisse auffrischen oder erweitern will. Der Naturwissenschaftler und der Ingenieur stützen sich gern auf praktische Erfahrungen und sind bereit, gelegentlich der Versicherung Glauben zu schenken, daß sich dieser oder jener Satz streng beweisen läßt.

Das ganze Werk soll 7 Bände umfassen, von denen Band 3 bis 7 vorbereitet werden. Sie sollen umfassen analytische Geometrie, gewöhnliche Differentialgleichungen, Variationsrechnung, partielle Differentialgleichungen und Differential-Geometrie.

Band 1 bringt erstens die Differentialrechnung, und zwar für Funktionen einer Veränderlichen, Anwendungen auf die Geometrie und für Funktionen von mehreren Veränderlichen, und zweitens die Integralrechnung. Trotz aller Kürze wird viel Wichtiges in solcher Form gebracht, daß man den Eindruck hat, daß die Mathematik eigentlich keine so sehr schwierige Sache ist, weil die Darstellung geschickt und anschaulich ist. An Hand vieler Zeichnungen und Beispiele gelingt es, auch Dinge zu behandeln oder auf Besonderheiten hinzuweisen, die sonst in kurzen Lehrbüchern nicht zu finden sind. So werden z. B. Bilder gebracht, wie sich die durch Potenzreihen gefundenen Näherungen bei Hinzunahme weiterer Glieder in immer größerem Bereich an die gegebene Funktion anschließen. Weiter werden die Spitzen und Rückkehrpunkte von Kurven, das Differenzieren von Integralen und die Transformation von Mehrfachintegralen behandelt.

Band 2 bringt die Ausgleichs- und Näherungsrechnung. Der Hauptteil dieses kleinen Bändchens ist der Wahrscheinlichkeitsrechnung, insbesondere der Fehlertheorie und Ausgleichsrechnung gewidmet. Dann wird die Annäherung von Kurven durch Reihen von gegebenen Kurven auf nur etwa 30 Seiten besprochen, trotzdem gelingt es, auch von der allgemeinen Theorie dieser Näherung, nämlich von der Entwicklung nach einem beliebigen Ortogonalen normierten Funktionssystem einen guten Eindruck zu geben.

Selbstverständlich sind viele Probleme, die in der Theorie der Elektrotechnik vorkommen, nur kurz angedeutet, so daß man zu größeren Werken greifen muß, wenn man sich mit besonderen Aufgaben beschäftigt. Das gilt z. B. von den elliptischen Integralen, auf die nur ein ganz kurzer Blick geworfen wird. Hier bleibt allerdings ein Wunsch offen, nämlich, daß in solchen Fällen auf das Schrifttum verwiesen wird, das einem weiterhilft. Der Hinweis, daß es über elliptische Integrale und für ihre Umkehrungen Tafeln gibt, hilft ja nicht viel, wenn diese Tafeln nicht genannt werden. Durch solche Anmerkungen würde der Umfang des Werkes sich kaum erweitern, aber der Nutzen sich wesentlich erhöhen.

Erfreulich ist auch der bei guter Ausstattung niedrig gehaltene Preis. Insbesondere durch die Aufteilung in einzeln käufliche Bände. F. Str.

Vom Schraubstock zum Schreibtisch. Lebenserinnerungen. Von Hans Dominik. Verlag Scherl, Berlin 1942. 292 Seiten, Preis geb. RM 4,50.

Der Titel des vorliegenden Werkes „Vom Schraubstock zum Schreibtisch" erscheint wie ein bewußter Anklang an das ältere Meisterwerk Max Eyths „Hinter Pflug und Schraubstock". Die Parallele ist auch insofern berechtigt, als es sich um den immer noch seltenen Fall handelt, daß ein im technischen Leben erfahrener Ingenieur zugleich auch ein begabter Schilderer ist. Hans Dominik, der kürzlich sein 70. Lebensjahr vollendete, legt hier einen vollkommenen Lebensabriß vor, und man darf sagen, daß jeder Leser dieses Leben interessant finden wird. Es hat den Anschein, als ob der Verfasser nie etwas Langweiliges erlebt hat. Überall ist Handlung, überall bewegt sich der Erzähler mitten im lebendigen Lebenskreis, mitten in der rasenden Entwicklung der Technik seiner Zeit, mit der er stets in Berührung bleibt und an der er zuweilen selbst Anteil hat. Ein froher Mut, der auch in trüben Stunden sich nicht unterkriegen läßt, und ein Sinn für humorvolle Vorkommnisse spricht aus den Schilderungen. Überall weiß er, sich Einblick in neueste Erfindungen und Entwicklungen zu verschaffen, und man kann sich gut vorstellen, wie er seine Erlebnisse in dichterischer Phantasie zu seinen Zukunftsromanen weiterspinnt. Zu einem erstaunlich weiten Kreis von bedeutenden Männern, die mit ihm leben, weiß er die Beziehungen zu pflegen, die ihm immer wieder neue Anregungn bieten. Sein großer Leserkreis, der heute schon einer Gesamtauflage von anderthalb Millionen seiner Werke entspricht, wird mit Spannung nach der Lebensbeschreibung dieses Mannes greifen, allen voran die Techniker, die die Aufgabe haben, für ihr Fach selbst die Feder zu ergreifen. Sr.

Für den Inhalt verantwortlich: Konrad Strecker, Berlin-Halensee, und Karl Holzwarth, Berlin-Nikolassee (zur Wehrmacht beurlaubt).
Herausgegeben von den Siemens-Werken, Berlin-Siemensstadt. — Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei, Berlin SW 68.

SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG · BERLIN-SIEMENSSTADT

SIEMENS
MESSTECHNIK